



TESIS - RE142541

**PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK UNTUK
ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA
DARI PERMUKIMAN DAN PERSAMPAHAN DI
KABUPATEN SIDOARJO**

VENY RACHMAWATI
3313 2010 20

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso., MT.

Co-PEMBIMBING
Prof. Ir. Joni Hermana., MscES., PhD.

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS - RE142541

**DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION
FACTORS FOR CARBON FOOTPRINT
ESTIMATION AND MAPPING OF THE SOLID
WASTE AND RESIDENTIAL IN SIDOARJO DISTRICT**

VENY RACHMAWATI
3313 2010 20

SUPERVISOR
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso., MT.

Co-SUPERVISOR
Prof. Ir. Joni Hermana., MscES., PhD.

MASTER PROGRAM
DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)**

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :


Veny Rachmawati

3313 201 020

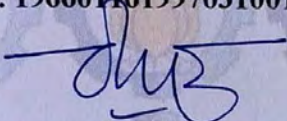
Tanggal Ujian : 5 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015

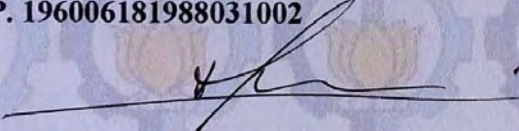
Disetujui Oleh :


1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
NIP. 196601161997031001

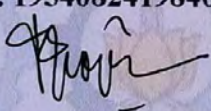
(Pembimbing I)


2. Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD
NIP. 196006181988031002

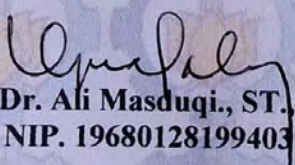
(Pembimbing II)


3. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.ES
NIP. 195408241984031001

(Penguji)



4. Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD
NIP. 197108181997032001

(Penguji)


5. Dr. Ali Masduqi., ST., MT
NIP. 196801281994031003

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001



Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Sidoarjo

Pascasarjana Teknik Lingkungan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Nama : Veny Rachmawati
Email : rachmawativeny@gmail.com
NRP : 3313.201.020
Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.
Co-Pembimbing : Prof. Joni Hermana, MScES, PhD.

Abstrak

Sejak tahun 1750 sampai tahun 2005 GRK mengalami peningkatan khususnya CO₂ dan CH₄. Sehingga dalam rangka memenuhi amanat Perpres 61/2001 dan 71/2011 mengenai aksi penurunan emisi dan inventarisasi gas rumah kaca, maka dibutuhkan data-data seperti halnya FES dari permukiman dan persampahan yang dibutuhkan untuk menunjang pelaksanaan inventarisasi emisi di tingkat daerah, pada penelitian ini khususnya dilaksanakan pada wilayah Kabupaten Sidoarjo

Perhitungan emisi CO₂ dihitung dengan menggunakan faktor emisi default IPCC. Dari hasil analisis data dan hasil survei, dilakukan pengembangan faktor emisi didapatkan FES untuk sektor pemukiman dan sektor persampahan. Emisi yang dihasilkan dari sektor pemukiman dan persampahan kemudian dipetakan untuk mengetahui tapak karbon di Kabupaten Sidoarjo.

FES dari penggunaan bahan bakar pedesaan adalah 0,995 ton CO₂/rumah tangga.tahun dan perkotaan sebesar 0,417 tonCO₂/rumah tangga.tahun. Sedangkan FES LPG perkotaan 0,4165 ton CO₂/rumah tangga.tahun, LPG pedesaan 0,359 ton CO₂/rumah tangga.tahun, minyak tanah 0,851 ton CO₂/rumah tangga.tahun dan kayu bakar 3,326 tonCO₂/rumah tangga.tahun. FES yang dihasilkan dari persampahan yaitu 0,0591 ton CO₂/m³.tahun dan 0,07 ton CO₂/jiwa.tahun.

Dari hasil pemetaan emisi CO₂ primer dari kegiatan pemukiman dan emisi CO₂ sekunder dari persampahan berdasarkan kepadatan tingkat emisi tertinggi dihasilkan dari Kecamatan Waru dan terkecil dari Kecamatan Jabon. Sedangkan emisi CO₂ primer dari kegiatan pemukiman dan persampahan berdasarkan kepadatan tertinggi dihasilkan dari Kecamatan Waru dan emisi terendah di Kecamatan Sedati.

Kata Kunci : Emisi Karbon, Permukiman, Persampahan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

***Determination of Specific Emission Factors for Carbon Footprint
Estimation and mapping of the Solid Waste and Residential in
Sidoarjo Distric***

Master of Environmental Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Name : Veny Rachmawati
Email : rachmawativeny@gmail.com
NRP : 3313.201.020
Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.
Co-Supervisor : Prof. Joni Hermana, MScES, PhD

Abstract

From 1750 to 2005 GHG increased CO₂ and CH₄ in particular. So in order to fulfill the mandate of the regulation 61/2001 and 71/2011 concerning the emission reduction actions and inventory of greenhouse gases, then the required data as well as FES of settlements and waste needed to support the implementation of an emissions inventory at the local level, in this particular study implemented in the district of Sidoarjo

Calculation of CO₂ emissions calculated using the IPCC default emission factor. From the analysis of the data and the results of the survey, conducted the development of emission factors obtained FES for residential sector and the waste sector. Emissions resulting from the settlement sector and the waste is then mapped to determine the carbon footprint in Sidoarjo ..

FES of rural fuel use is 0.995 tonnes of CO₂/houshold.year and urban home of 0.417 ton CO₂/household.year. While FES urban LPG 0.4165 tons CO₂/household.year, rural LPG 0.359 tonnes of CO₂/household.year, kerosene 0.851 tonnes of CO₂/ household.year and firewood 3,326 ton CO₂/ household.year. FES is generated from waste is 0.0591 tons CO₂ / m³.year and 0.07 tonnes of CO₂ / person.year.

From the results of the primary CO₂ emission mapping of settlement activity and secondary CO₂ emissions based on the density of the solid waste generated the highest emission level of the District Waru and the smallest of the District Jabon. While the primary CO₂ emissions from settlement activities and waste generated by the highest density of the District Waru and lowest emissions in the District Sedati

Keywords: Carbon Emissions, Settlement, Waste

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang mana hanya atas limpahan rahmat, dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Penulisan tesis dengan judul *“Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Sidoarjo”* ini dalam rangka menyelesaikan studi S2 di Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Dalam penulisan laporan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso., MT. selaku pembimbing I atas bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tesis ini
2. Prof. Ir. Joni Hermana, MscES., PhD selaku pembimbing II dan selaku dosen wali atas bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT. yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan Tesis ini
4. Dr. Ali Masduqi, ST., MT, Bieby Voijant Tanghahu, ST., MT, Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MPEM, dan Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES selaku dosen penguji atas arahan dalam menyelesaikan Tesis ini
5. Bapak, Ibu dan keluarga yang telah memberikan semangat dan doa sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tesis ini dengan lancar
6. Teman-teman seperjuangan Tesis dan teman-teman angkatan 2013 program pasca sarjana Jurusan Teknik Lingkungan ITS
7. Sahabat-sahabat dan seluruh pihak yang selalu memotivasi dan membantu penyelesaian tesis

Penyusunan tesis ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasanya tentu masih terdapat kesalahan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sidoarjo.....	7
2.1.1 Letak Geografis dan Administratif Kabupaten Sidoarjo	7
2.1.2 Kondisi Pemanfaatan Lahan di Kabupaten Sidoarjo.....	8
2.1.3 Kependudukan di Kabupaten Sidoarjo	13
2.2 Permukiman	15
2.2.1 Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Status Wilayah.....	15
2.2.2 Perbandingan Penggunaan Lahan Permukiman, Jumlah Penduduk dan Jumlah Rumah di Kabupaten Sidoarjo	18
2.2.3 Emisi yang Dihasilkan dari Sektor Permukiman	20
2.3 Persampahan.....	20
2.3.1 Timbulan Sampah.....	20
2.3.2 Emisi yang Dihasilkan dari Sektor Persampahan	22
2.4 Tapak Karbon, Emisi CO ₂ dan CH ₄	24

2.5 Intergovernmental Panel on Climate (IPCC)	25
2.6 Perhitungan Emisi Karbon Dengan Rumus IPCC	26
2.6.1 Estimasi Emisi dari Sektor Permukiman	26
2.6.2 Estimasi Emisi dari Sektor Persampahan	28
2.7 Pemanfaatan Landfill Gas (LFG).....	33
2.8 Penelitian yang pernah dilakukan	33
 BAB 3 METODOLOGI.....	 37
3.1 Umum	37
3.2 Kerangka Penelitian.....	38
3.3 Tahapan Penelitian	41
3.3.1 Ide Penelitian.....	41
3.3.2 Studi Literatur	42
3.3.3 Pengumpulan Data.....	42
3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder.....	43
3.3.3.2 Metode Sampling.....	44
3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Sekunder	48
3.3.5 Analisa Data dan pembahasan	49
3.3.6 Kesimpulan dan Saran	50
 BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	 51
4.1 Apek Teknis.....	51
4.1.1 Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman di Kabupaten Sidoarjo	51
4.1.1.1 Emisi CO ₂ dari Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak	51
4.1.1.2 Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO ₂ Permukiman di Tiap kecamatan ...	59
4.1.1.3 Total Emisi CO ₂ Permukiman di Tiap kecamatan Kabupaten Sidoarjo....	62
4.1.2 Emisi yang Dihasilkan dari Persampahan	63
4.1.2.1 Emisi dari Sampah yang dibuang ke TPA	63
4.1.2.2 Emisi dari Pembakaran Sampah (Open Burning)	66
4.1.2.3 Faktor Emisi dan Emisi CO ₂ Tiap Kecamatan yang Dihasilkan dari Kegiatan Pembakaran Sampah Serta Pembuangan Sampah di TPA	70
4.1.3 Total Emisi CO ₂ Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Sidoarjo	77

4.1.4 Skenario Terhadap Penggunaan Bahan Bakar di Kabupaten Sidoarjo	80
4.1.5 Skenario Terhadap Persampahan di Kabupaten Sidoarjo	85
4.2 Aspek Lingkungan	98
4.3 Aspek Ekonomi	101
4.4 Pemetaan Emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo	103
 BAB 5 KESIMPULAN	 113
DAFTAR PUSTAKA.....	115
LAMPIRAN A	119
BIODATA	123

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembagian Wilayah Administrasi dan Luas Tiap Kecamatan.....	7
Tabel 2.2 Penggunaan Lahan di Kabupaten Sidoarjo	10
Tabel 2.3 Jumlah Desa / Kelurahan, Rumah tangga, dan Penduduk	13
Tabel 2.4 Perkembangan Jumlah Penduduk Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	14
Tabel 2.5 Penetapan nilai/skor Kepadatan Penduduk, Persentase Rumah Tangga Pertanian, Keberadaan/Akses Pada Fasilitas Perkotaan	16
Tabel 2.6 Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Status Wilayah.....	17
Tabel 2.7 Jumlah Rumah Tangga Menurut Wilayah dan Bahan Bakar Utama untuk Memasak.....	18
Tabel 2.8 Perbandingan Penggunaan Lahan Permukiman, Jumlah Penduduk dan Jumlah Rumah di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009	19
Tabel 2.9 Luas Wilayah, Kepadatan Penduduk (Km ² , Desa, dan Rumah tangga) 2012.....	19
Tabel 2.10 Proyeksi Pelayanan Persampahan	22
Tabel 2.11 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar LPG	26
Tabel 2.12 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Minyak Tanah.....	27
Tabel 2.13 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Kayu Bakar	27
Tabel 2.14 Nilai DOCi	29
Tabel 2.15 Klasifikasi TPA dan Methane Correction Factors (MCF).....	30
Tabel 2.16 Oxidation Factor (OX).....	31
Tabel 2.17 Nilai Dry Matter Content (Dmj)	32
Tabel 2.18 Nilai CCFj	32
Tabel 2.19 Nilai FCFj	32
Tabel 3.1 Hasil Penentuan Jumlah Sampel Tiap Status Wilayah.....	45
Tabel 3.2 Hasil Penentuan Jumlah Sampel Per Wilayah Sampling di Kabupaten Sidoarjo	46
Tabel 3.3 Rancangan Kuisisioner.....	47
Tabel 4.1 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah.....	52

Tabel 4.2 Emisi CO ₂ dari Penggunaan LPG di Tiap Kecamatan	55
Tabel 4.3 Emisi CO ₂ dari Penggunaan Minyak Tanah di Tiap Kecamatan	57
Tabel 4.4 Emisi CO ₂ dari Penggunaan Kayu Bakar di Tiap Kecamatan	59
Tabel 4.5 Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar di Perkotaan	60
Tabel 4.6 Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar di Pedesaan	61
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar	62
Tabel 4.8 Faktor Emisi Spesifik Penggunaan Bahan Bakar Permukiman	63
Tabel 4.9 Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA	65
Tabel 4.10 Perhitungan Nilai DOCi	65
Tabel 4.11 Jumlah Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar di Kabupaten Sidoarjo	67
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Nilai Dmj, CCFj, FCFj	68
Tabel 4.13 Emisi CO ₂ yang Dihasilkan Dari Pembakaran Sampah	70
Tabel 4.14 Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Jumlah Timbulan Sampah TPA	71
Tabel 4.15 Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Jumlah Penduduk Terlayani	72
Tabel 4.16 Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO ₂ tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Timbulan Sampah yang Dibakar	73
Tabel 4.17 Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO ₂ Dari Pembakaran Sampah tiap Kecamatan Berdasarkan Jumlah Penduduk	74
Tabel 4.18 Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO ₂ Dari Timbulan Sampah tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	75
Tabel 4.19 Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO ₂ Dari Jumlah Penduduk tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	76
Tabel 4.20 Alternatif Faktor Emisi Spesifik Sektor Persampahan	77
Tabel 4.21 Emisi Primer CO ₂ Permukiman dan Emisi Sekunder CO ₂ Persampahan tiap Kecamatan	78

Tabel 4.22 Emisi Primer CO ₂ Permukiman dan Persampahan tiap Kecamatan...	79
Tabel 4.23 Emisi CO ₂ Menggunakan Skenario Satu	81
Tabel 4.24 Emisi CO ₂ Menggunakan Skenario Dua.....	82
Tabel 4.25 Emisi CO ₂ Menggunakan Skenario Tiga	83
Tabel 4.26 Emisi CO ₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Satu.....	86
Tabel 4.27 Peningkatan Emisi CH ₄ TPA dengan Skenario 1	90
Tabel 4.28 Emisi CO ₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Dua	90
Tabel 4.29 Peningkatan Emisi CH ₄ TPA dengan Skenario 2	89
Tabel 4.30 Emisi CO ₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Tiga	92
Tabel 4.31 Peningkatan Emisi CH ₄ TPA dengan Skenario 3	94
Tabel 4.32 Emisi CO ₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Empat	95
Tabel 4.33 Peningkatan Emisi CH ₄ TPA dengan Skenario 4.....	96
Tabel 4.34 Potensi Bahan Bakar yang Dihasilkan.....	97
Tabel 4.35 Potensi Listrik yang Dihasilkan	100
Tabel 4.36 Potensi Ekonomis Tiap Sektor	101
Tabel 4.37 Potensi Keuntungan dari Pemanfaatan CH ₄	102
Tabel 4.38 Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman Berdasarkan Kepadatan Total di Kabupaten Sidoarjo	107
Tabel 4.39 Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Sekunder Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total di Kabupaten Sidoarjo	109
Tabel 4.40 Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total di Kabupaten Sidoarjo.....	110

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi Administratif Kabupaten Sidoarjo	9
Gambar 2.2 Rencana Pola Ruang Kabupaten Sidoarjo	12
Gambar 2.3 Peta Persebaran Penduduk Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009	15
Gambar 2.4 Perkembangan Tonase Sampah yang Terangkut ke TPA	21
Gambar 2,5 Proses pembentukan emisi GRK dari tumpukan sampah kota di TPA	24
Gambar 2.6 Pemanfaatan LFG untuk Pembangkit Listrik	33
Gambar 2.7 Sistem Pengeboran untuk Pemasangan Pipa Hisap Conventional	34
Gambar 3.1 Skema Kerangka Penelitian	40
Gambar 4.1 Prosentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah	52
Gambar 4.2 Prosentase Emisi CO ₂ Permukiman dan Persampahan	79
Gambar 4.3 Prosentase Penurunan Emisi Menggunakan Skenario	84
Gambar 4.4 Peta Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Emisi CO ₂ Sekunder dari Kegiatan Persampahan	103
Gambar 4.5 Peta Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Persampahan	105
Gambar 4.6 Peta Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman di Kabupaten Sidoarjo	106
Gambar 4.7 Peta Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman di Kabupaten Sidoarjo	106
Gambar 4.8 Peta Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman Berdasarkan Kepadatan Total Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	108
Gambar 4.9 Peta Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Sekunder dari Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	110
Gambar 4.10 Peta Emisi CO ₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo	111

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara diketahui berkaitan erat dengan perubahan iklim akibat perubahan komposisi gas-gas di atmosfer terutama gas rumah kaca yang berperan dalam menyerap dan memancarkan energi radiasi. Gas rumah kaca (GRK) yang paling dominan adalah uap air (H_2O), kemudian disusul oleh karbondioksida (CO_2). CO_2 memiliki waktu hidup yang panjang di atmosfer (*Long Lived Greenhouse Gases*) mencapai puluhan hingga ratusan tahun dan dapat terakumulasi (BMKG, 2012).

Menurut IPCC (2006), gas-gas utama yang dikategorikan sebagai Gas Rumah Kaca dan mempunyai potensi menyebabkan pemanasan global adalah CO_2 dan CH_4 . Meskipun CO_2 dan CH_4 secara alami terdapat di atmosfer, namun pada era industri sejak tahun 1750 sampai tahun 2005 gas-gas tersebut mengalami peningkatan dengan jumlah yang pesat secara global. Gas CO_2 mempunyai persentase sebesar 50% dalam total Gas Rumah Kaca sementara CH_4 memiliki persentase sebesar 20% (Rukaesih.2004).

Kabupaten Sidoarjo berbatasan dengan Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik di Utara. Sidoarjo dikenal sebagai penyangga utama Kota Surabaya dan termasuk kawasan Gerbang Kertasusilo. Kabupaten Sidoarjo yang merupakan wilayah penyangga Kota Surabaya mengakibatkan terjadinya pengembangan kawasan hunian sangat pesat serta pembangunan industri maupun jasa yang mendukung keberadaan perumahan terus berkembang (RI-SPAM Kabupaten Sidoarjo, 2007).

Trend perubahan penggunaan sawah menjadi permukiman/bangunan besar sejak tahun 2005 sampai dengan 2010 rata-ratanya sebesar 794,6 atau terjadi perubahan dalam tiap tahunnya sebesar 40%. Tingkat perubahan lahan terbesar terjadi di Kabupaten Sidoarjo yaitu seluas 166,6 Ha atau kondisi lahan pertanian yang sebelumnya 23.369,8 Ha menjadi 23.203,2 Ha. Disertai dengan tingkat laju pertumbuhan penduduk di kabupaten sidoarjo diatas 2% tepatnya 2,21 % yang

menyebabkan peningkatan jumlah penduduk dan berakibat pada meningkatnya kebutuhan lahan untuk permukiman (SLHD Provinsi Jawa Timur, 2010). Dengan meningkatnya jumlah permukiman di Kabupaten Sidoarjo akan berakibat pada peningkatan emisi yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga. Berdasarkan data yang dihimpun dari Kementrian Negara Lingkungan Hidup Indonesia menunjukkan bahwa energi seperti penggunaan bahan bakar memberikan sumbangan terbesar gas rumah kaca, khususnya CO₂ yang bersumber dari rumah tangga (KNLH, 2009).

Berdasarkan data Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo (2010) menunjukkan proyeksi timbulan sampah mengalami peningkatan pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2015 dengan jumlah timbulan sampah 4.148 m³/hari menjadi 4.312 m³/hari. Hal tersebut menunjukkan peningkatan sebesar 1,3% pertahunnya. Peningkatan timbulan sampah dari tahun ke tahun mengalami peningkatan baik sampah yang berasal dari pasar, perkampungan, perumahan dan kegiatan lainnya.

Sampah memberikan kontribusi gas rumah kaca yang menjadi salah satu penyebab global warming. Emisi gas rumah kaca dari persampahan pada umumnya berupa metana (CH₄) yang dihasilkan dari TPA dan CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran terbuka (ICSSR, 2010). Ada beberapa cara untuk menghitung emisi dari sampah yaitu dengan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) dan US-EPA (*United States Environmental Protection Agency*).

Berdasarkan latar belakang tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan laju penduduk yang mengakibatkan meningkatnya jumlah permukiman di Kabupaten Sidoarjo. Meningkatnya jumlah permukiman akan berakibat pula pada meningkatnya jumlah timbulan sampah di Kabupaten Sidoarjo. Permukiman dan persampahan tersebut turut menyumbangkan emisi CO₂ dan CH₄ ke lingkungan sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai emisi CO₂ dan CH₄ yang dihasilkan dari kedua tersebut. Selain itu dikarenakan telah dikeluarkannya dua peraturan presiden untuk mengatur pelaksanaan langkah aksi penurunan emisi dan inventarisasi gas rumah kaca yaitu Perpres 61/2011 dan 71/2011. Dalam rangka memenuhi amanat Perpres 71/2011, maka

dibutuhkan data-data seperti halnya faktor emisi spesifik dari permukiman dan persampahan yang dibutuhkan untuk menunjang pelaksanaan inventarisasi emisi di tingkat daerah, pada penelitian ini khususnya dilaksanakan pada wilayah Kabupaten Sidoarjo.

Latar belakang lain untuk dilakukannya penelitian ini adalah dikarenakan faktor emisi ditentukan berdasarkan penelitian dan sangat spesifik untuk setiap bahan atau produk. Terapi belum adanya faktor emisi yang spesifik dengan keadaan di Indonesia menjadi salah satu alasan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui faktor emisi spesifik yang dihasilkan dari permukiman dan persampahan di Kabupaten Sidoarjo.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Penentuan faktor emisi spesifik permukiman berdasarkan status wilayah dan penggunaan bahan bakar di wilayah Kabupaten Sidoarjo
2. Penentuan faktor emisi spesifik persampahan berdasarkan sistem pengelolaan sampah permukiman di wilayah Kabupaten Sidoarjo
3. Penentuan pemetaan tapak karbon berdasarkan pengelompokan permukiman dan persampahan di wilayah Kabupaten Sidoarjo

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisis penentuan faktor emisi spesifik yang dihasilkan dari permukiman berdasarkan status wilayah dan penggunaan bahan bakar di wilayah Kabupaten Sidoarjo
2. Menganalisis penentuan faktor emisi spesifik yang dihasilkan dari persampahan berdasarkan sistem pengelolaan sampah permukiman di wilayah Kabupaten Sidoarjo
3. Menganalisis hasil pemetaan tapak karbon yang dihasilkan dari kegiatan permukiman dan persampahan di wilayah Kabupaten Sidoarjo

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup yang digunakan dalam thesis ini dibuat untuk membatasi serta menyederhanakan permasalahan agar sesuai dengan tujuan penelitian adalah

1. Data-data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari permukiman dan persampahan di wilayah kabupaten Sidoarjo
2. Kualifikasi atau perhitungan tingkat emisi karbon dikelompokkan menurut aktivitas permukiman dan aktivitas persampahan
3. Parameter yang digunakan adalah emisi karbondioksida (CO_2) dan methane (CH_4) dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Sidoarjo
4. Sumber emisi pada permukiman yang dianalisis hanya emisi CO_2 primer yaitu penggunaan bahan bakar rumah tangga (LPG, minyak tanah, dan kayu bakar), dikarenakan emisi yang dihasilkan septic tank jauh lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar.
5. Pada penelitian ini persampahan yang dijadikan bahan penelitian merupakan sampah non B3
6. Perhitungan emisi karbondioksida (CO_2) dan gas metana (CH_4) dengan menggunakan rumus perhitungan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
7. Pemetaan tapak karbon setiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo menggunakan software AutoCad
8. Tempat pembuangan akhir (TPA) atau landfill limbah padat mencakup TPA/landfill untuk limbah padat domestik (sampah kota)
9. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah status wilayah, penggunaan bahan bakar, dan sistem pengelolaan sampah permukiman.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan akan diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini adalah

1. Memberikan informasi mengenai kontribusi sektor permukiman dan persampahan terhadap peningkatan emisi karbon di Kabupaten Sidoarjo

2. Terbentuknya mekanisme pengumpulan data yang lebih baik, sistem monitoring dan evaluasi perubahan tingkat emisi yang diperlukan untuk mengetahui tingkat pencapaian penurunan emisi yang ditetapkan di dalam aksi mitigasi di tingkat daerah
3. Meningkatnya kualitas data berbagai aktivitas pembangunan yang diperlukan untuk perencanaan pembangunan, termasuk penyusunan rencana aksi mitigasi perubahan iklim di tingkat daerah khususnya pada permukiman dan persampahan di kabupaten Sidoarjo.
4. Memberikan data faktor emisi spesifik yang akan dapat digunakan untuk melakukan perhitungan emisi di daerah lain.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sidoarjo

Wilayah Kabupaten Sidoarjo termasuk dalam kategori dataran rendah. Kota ini mendapat sebutan sebagai Kota Delta karena berada di antara dua sungai, yaitu Kali Mas dan Kali Porong. Peta Administrasi Kabupaten Sidoarjo berdasarkan RTRW Kabupaten Sidoarjo tahun 2009 – 2029 disajikan pada Gambar 2.1.

2.1.1 Letak Geografis dan Administratif Kabupaten Sidoarjo

Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu daerah di tengah bagian provinsi Jawa Timur, yang terletak pada posisi antara 112,50 – 112,90 Bujur Timur (BT) dan 7,30 – 7,50 Lintang Selatan (LS), dengan luas wilayahnya mencapai 71.424,25 km². Secara administratif Kabupaten Sidoarjo berbatasan dengan wilayah-wilayah sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik.
- b. Sebelah Timur berbatasan dengan Selat Madura.
- c. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pasuruan.
- d. Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto

Peta administrasi Kabupaten Sidoarjo disajikan pada Tabel 2.1. Kabupaten Sidoarjo dengan luas wilayahnya 71.424,25 ha terbagi atas 18 kecamatan dan 322 desa dan 31 kelurahan. Secara rinci tentang jumlah desa masing-masing kecamatan, serta luas wilayahnya sebagaimana disajikan dalam Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Pembagian Wilayah Administrasi dan Luas Tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah		Luas Wilayah (Km ²)
		Desa	Kelurahan	
1	Sidoarjo	10	14	56,00
2	Buduran	15	-	37,00
3	Candi	24	-	38,00
4	Porong	13	6	28,00

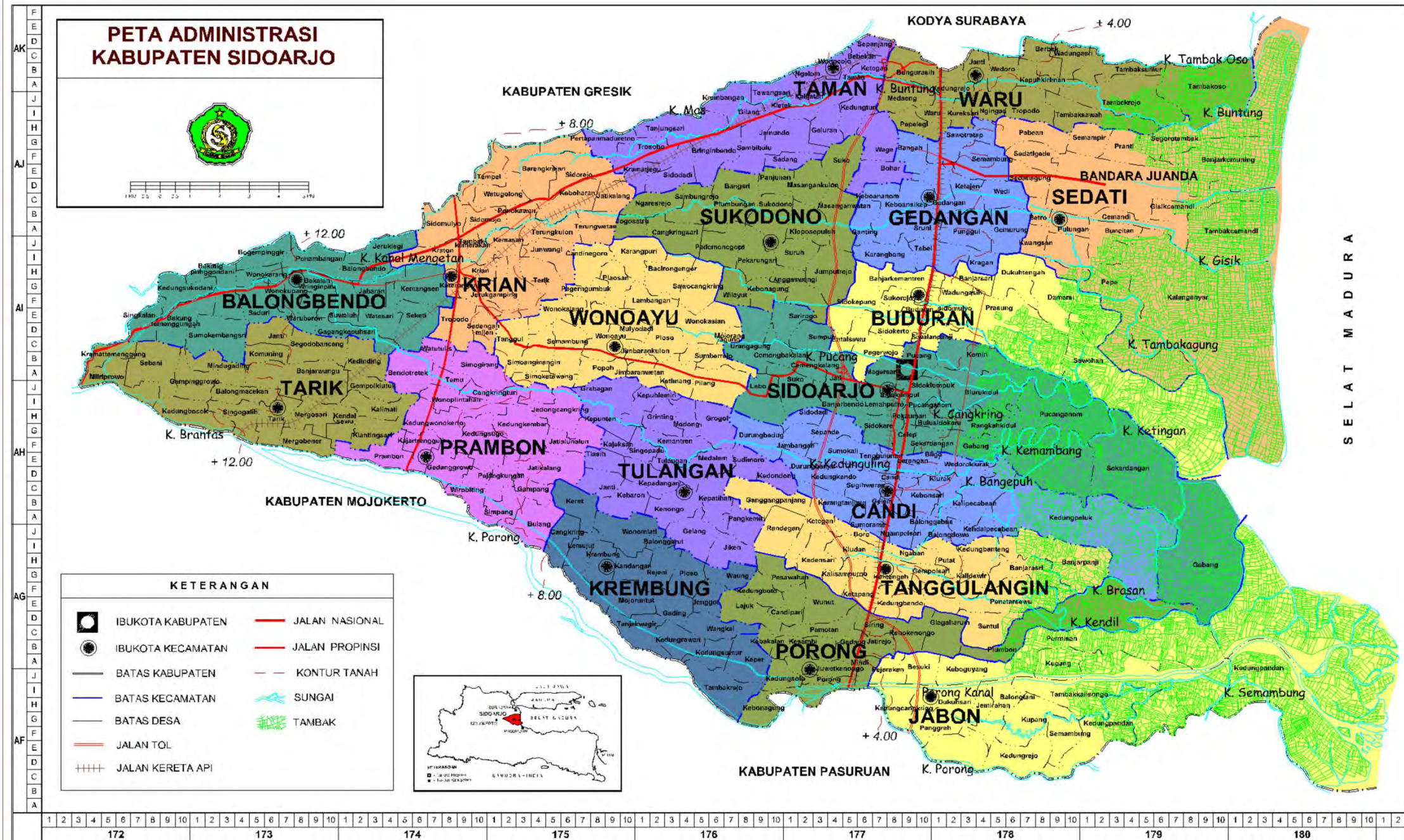
No	Nama Kecamatan	Jumlah		Luas Wilayah (Km ²)
		Desa	Kelurahan	
5	Krembung	19	-	27,00
6	Tulangan	22	-	30,00
7	Tanggulangin	19	-	30,00
8	Jabon	15	-	62,00
9	Krian	19	3	30,00
10	Balongbendo	20	-	29,00
11	Wonoayu	23	-	33,00
12	Tarik	20	-	33,00
13	Prambon	20	-	31,00
14	Taman	16	8	29,00
15	Waru	17	-	28,00
16	Gedangan	15	-	23,00
17	Sedati	16	-	62,00
18	Sukodono	19	-	32,00
Total		322	31	638,00

Sumber: Kabupaten Sidoarjo dalam Angka tahun, 2012

2.1.2 Kondisi Pemanfaatan Lahan di Kabupaten Sidoarjo

Penggunaan lahan di Kabupaten Sidoarjo terdiri dari penggunaan untuk kawasan lindung maupun kawasan budidaya. Berdasarkan dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo tahun 2009-2029, prosentase penggunaan tanah di Kabupaten Sidoarjo, yaitu berupa permukiman (26,65%), kebun (4,97%), industri (1,75%), lahan sawah (32,39%), pekarangan/tanah kosong/lahan/ pematangan tanah (3,61%), kolam/tambak (26,14%), fasum (1,12%), bakau (1,41%), ruang terbuka hijau (0,66%) dan lain-lain (1,61%).

Peralihan fungsi lahan di Kabupaten Sidoarjo sangat dinamis. Hal tersebut dikarenakan Kabupaten Sidoarjo merupakan Kertasusilo dan sebagai penyangga kota Surabaya. Dikarenakan letaknya yang berbatasan dengan kota Surabaya menyebabkan perkembangan penduduk di Kabupaten Sidoarjo mengalami peningkatan. Semakin meningkatnya jumlah penduduk juga mengakibatkan berkembangnya industri di Kabupaten Sidoarjo. Untuk mengetahui lebih jelas penggunaan lahan budidaya di Kabupaten Sidoarjo. dapat dilihat pada Tabel 2.2 penggunaan lahan Kabupaten Sidoarjo.



Tabel 2.2 Penggunaan Lahan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Luas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Sidoarjo	6256	1550,377	210,706	0	452	94,385	3394,301	0	172,586	1,92	107,1443
Buduran	4102,5	1704,765	111,742	138,366	776	39,371	2211,709	0	110,295	4,718	43,95516
Candi	4066,75	967,295	198,419	0	1089	83,309	1361,148	0	43,979	3,645	34,13196
Porong	2982,25	723,565	76,922	0	1165	62,704	579,322	0	22,127	0,001	69,7338
Tulangan	3120,5	980,409	340,232	0	1862	83,649	0	2,164	0	38,408	15,27921
Krembung	2955	683,536	513,115	0	1669	123,99	0	11,802	0	9,026	22,08458
Tanggulangin	3229	685,374	25,576	0	1231	13,085	492,687	0	5,945	1,106	17,76218
Jabon	8099,75	445,228	28,213	0	1531	223,588	4696,289	0	272,122	8,142	488,9192
Krian	3250	817,418	201,476	159,708	1462	172,633	0	23,226	0	36,485	36,91415
Balongbendo	3140	601,74	210,337	18,107	1728	357,921	0	4,297	0	20,903	59,20356
Wonoayu	3392	718,756	348,487	57,374	2123	195,169	0	10,583	0	19,733	8,244643
Tarik	3606	644,827	236,927	149,254	2068	367,198	0	0,888	0	50,46	67,88906
Prambon	3422,5	675,993	229,157	13,573	1986	279,478	0	4,362	0	9,31	37,25004
Taman	3153,5	1452,094	217,133	364,156	871	100,549	0	19,448	0	117,099	35,87456

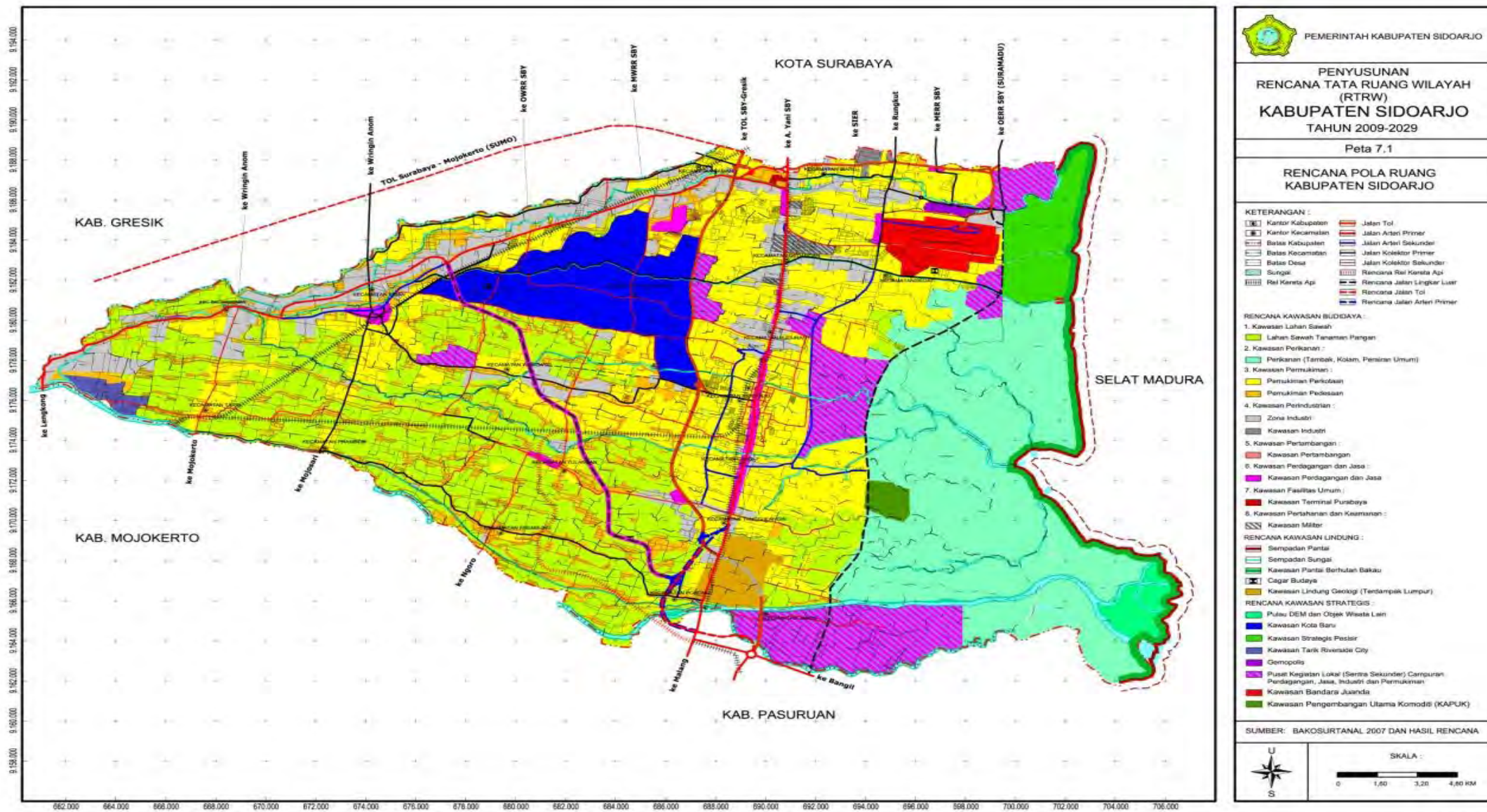
Kecamatan	Luas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Waru	3032	1497,648	53,318	194,835	79	127,15	864,26	54,641	55,464	100,226	33,32079
Gedangan	2405,75	1942,845	122,906	110,712	782	53,382	0	0	0	6,667	0
Sedati	7943	1193,576	57,108	0	540	78,144	5073,08	670,185	328,156	12,253	64,65161
Sukodono	3267,75	1752,541	367,577	47,286	1725	125,839	0	0	0	35,092	11,74308
Total	71424,25	19037,987	3549,351	1253,371	23.139	2581,544	18672,796	801,596	1010,674	475,194	1154,10188

Sumber: RTRW Kabupaten Sidoarjo 2009-2029

Keterangan:

A: Permukiman; B: Kebun; C: Industri; D: Lahan sawah;
E: Perkarangan/Tanah Kosong/Yasan/Pematangan Tanah
F: Tambak/Kolam; G: Fasum, H: Bakau, I: RTH J: dl

Penggunaan lahan terbesar kedua adalah untuk permukiman dengan luas 19037,987 Ha. Perkembangan permukiman di Kabupaten Sidoarjo terjadi tidak merata, beberapa kawasan tumbuh relatif cepat sedangkan kawasan lainnya relatif lambat. Pertumbuhan permukiman yang terjadi dengan cepat antara lain berada di Kecamatan Sidoarjo, Kecamatan Taman, Kecamatan Waru dan Kecamatan Sedati, sebagai akibat dari adanya kegiatan industri dan Bandara Juanda. Gambar 2.2 dibawah ini menunjukkan rencana pola ruang di Kabupaten Sidoarjo berdasarkan RTRW Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009-2029.



Gambar 2.2 Rencana Pola Ruang Kabupaten Sidoarjo

2.1.3 Kependudukan di Kabupaten Sidoarjo

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidoarjo, jumlah penduduk Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2012 berjumlah 2.053.467 jiwa. Selengkapnya data mengenai jumlah desa, rumah tangga, dan penduduk disajikan pada Tabel 2.3. Sedangkan data perkembangan jumlah penduduk di Kabupaten Sidoarjo disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Jumlah Desa / Kelurahan, Rumah tangga, dan Penduduk Tahun 2012

Kecamatan	Desa/Kelurahan	Rumah tangga	Penduduk
1. Sidoarjo	24	60.474	206.91
2. Buduran	15	27.943	94.137
3. Candi	24	41.981	144.465
4. Porong	19	27.271	89.654
5. Krembung	19	22.454	69.268
6. Tulangan	22	28.617	91.721
7. Tanggulangin	19	31.936	106.313
8. Jabon	15	18.557	58.562
9. Krian	22	36.342	122.386
10. Balongbendo	20	23.109	73.033
11. Wonoayu	23	25.181	80.42
12. Tarik	20	21.272	66.694
13. Prambon	20	25.123	78.085
14. Taman	24	63.355	214.356
15. Waru	17	64.004	223.697
16. Gedangan	15	36.551	123.492
17. Sedati	16	27.662	96.204
18. Sukodono	19	33.949	114.07
Jumlah/Total 2012	353	615.781	2018239
Jumlah/Total 2011	353	597.609	1.984.486
Jumlah/Total 2010	353	558.235	2.018.239
Jumlah/Total 2009	353	558.235	2.018.239
Jumlah/Total 2008	353	474.117	1.964.759

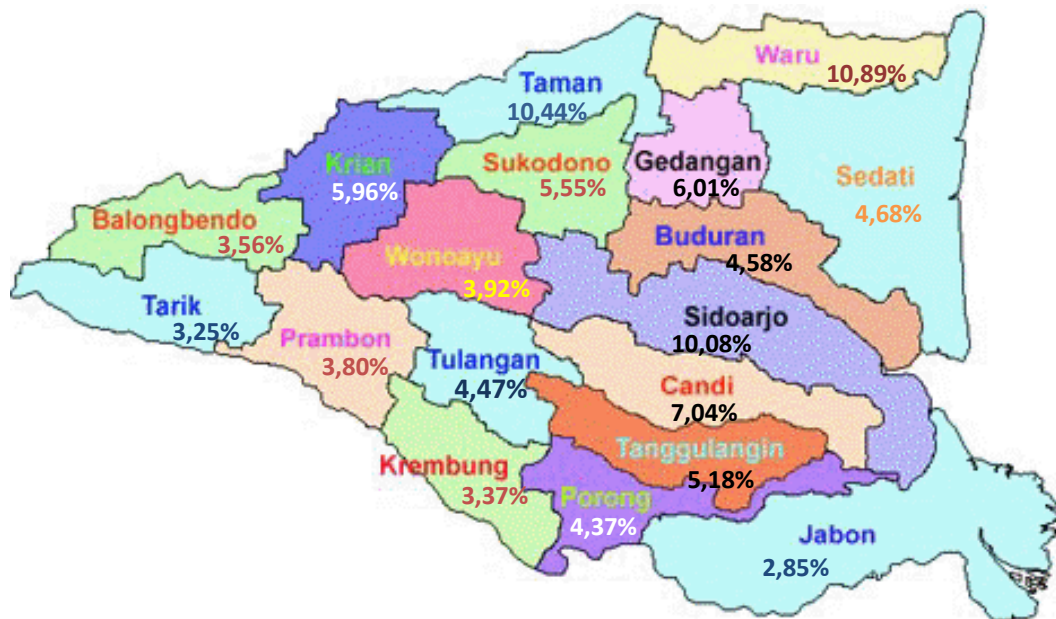
Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo 2013

Tabel 2.4 Perkembangan Jumlah Penduduk Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sidoarjo	146.410	179.840	201.433	194.051	200.667	206.910
Buduran	68.507	77.206	88.958	92.334	90.788	94.137
Candi	107.148	124.084	135.434	145.146	137.689	144.465
Porong	68.247	80.833	89.129	65.909	88.053	89.654
Krembung	52.526	64.653	68.764	58.358	66.725	69.268
Tulangan	70.567	77.925	82.975	87.422	87.796	91.721
Tanggulangin	91.049	104.124	111.231	84.58	104.194	106.313
Jabon	44.627	54.884	58.274	49.989	57.394	58.562
Krian	89.753	108.45	114.755	118.685	117.53	122.386
Balongbendo	61.29	67.906	69.797	66.865	71.64	73.033
Wonoayu	67.944	71.592	76.981	72.009	77.862	80.420
Tarik	57.252	62.172	61.966	60.977	65.081	66.694
Prambon	60.152	70.533	77.403	68.336	76.211	78.085
Taman	198.828	184.020	202.153	212.857	206.229	214.356
Waru	169.569	192.507	210.592	231.298	215.974	223.697
Gedangan	88.89	105.708	120.096	132.847	120.094	123.492
Sedati	69.274	82.603	91.175	92.468	91.9	96.204
Sukodono	74.263	92.147	103.643	111.121	108.659	114.070
Jumlah	1.586.296	1.801.187	1.964.759	1945.252	1.984.486	2.053.467

Sumber : BPS Kabupaten Sidoarjo Tahun 2012

Dari peta persebaran penduduk di Kabupaten Sidoarjo Gambar 2.3 dibawah ini, tergambar bahwa diantara 18 kecamatan yang berada di kabupaten Sidoarjo, pada tahun 2009 Kecamatan Waru merupakan kecamatan yang mempunyai jumlah penduduk terbesar yaitu sebesar 223.697 jiwa atau sekitar 10,89% dari jumlah total penduduk Sidoarjo. Kemudian disusul oleh Kecamatan Taman sebesar 214.356 jiwa dan Kecamatan Sidoarjo sebesar 206.910 jiwa. Pada tahun 2012. Ketiga kecamatan tersebut telah mengalami peningkatan jumlah penduduk sekitar 14%, apabila dibandingkan dengan jumlah penduduk di tahun 2008. Hal ini disebabkan karena lokasi kecamatan tersebut yang berdekatan dengan Kota Surabaya. Terutama Kecamatan Waru dan Kecamatan Taman yang menjadi alternatif tempat tinggal bagi penduduk Surabaya yang mempunyai kemampuan membeli perumahan di pinggiran kota.



Gambar 2.3 Peta Persebaran Penduduk Kabupaten Sidoarjo Tahun 2012

2.2 Permukiman

Pengertian dasar permukiman dalam Undang-Undang No.1 tahun 2011 adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain dikawasan perkotaan atau kawasan perdesaan. Pengertian rumah menurut Undang-Undang tersebut adalah bangunan gedung yang berfungsi sebagai tempat tinggal yang layak huni, sarana pembinaan keluarga, cermin harkat dan martabat penghuninya, serta asset bagi pemiliknya.

2.2.1 Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Status Wilayah

Jumlah rumah tangga di Kabupaten Sidoarjo menurut status wilayah di klasifikasikan oleh Badan Pusat Statistik menjadi dua kelompok yaitu perdesaan dan perkotaan. Data tersebut merupakan data sensus penduduk tahun 2010 tetapi terdapat koreksi dan validasi yang dilakukan pada tahun 2012. Klasifikasi status tersebut didasarkan pada skor yang dihitung dari kepadatan penduduk, prosentase rumah tangga yang bekerja dibidang pertanian, dan tersedianya fasilitas kota seperti sekolah, pasar, rumah sakit, jalan aspal, dan listrik. Kriteria wilayah

perkotaan adalah persyaratan tertentu dalam hal kepadatan penduduk, prosentase rumah tangga pertanian, dan keberadaan/akses pada fasilitas perkotaan yang dimiliki suatu desa/kelurahan untuk menentukan status suatu desa atau kelurahan.

Suatu wilayah ditentukan sebagai wilayah perkotaan mempunyai apabila kepadatan penduduk, prosentase rumah tangga pertanian, dan keberadaan/akses pada fasilitas perkotaan yang dimiliki mempunyai total nilai/skor 10 atau lebih. Sedangkan wilayah perdesaan ditentukan apabila dari kepadatan penduduk, prosentase rumah tangga pertanian, dan keberadaan/akses pada fasilitas perkotaan yang dimiliki mempunyai total nilai/skor kurang dari 10 (Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik, 2010). Selengkapnya penetapan nilai/skor kepadatan penduduk, prosentase rumah tangga pertanian, dan keberadaan/akses pada fasilitas perkotaan yang dimiliki dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penetapan nilai/skor Kepadatan Penduduk, Peresentase Rumah Tangga Pertanian, Keberadaan/Akses Pada Fasilitas Perkotaan

Kriteria				Keberadaan/akses pada fasilitas perkotaan		
Kepadatan Penduduk Per Km ²	Nilai/Skor	Persentase Rumah Tangga Pertanian	Nilai/Skor	Fasilitas Perkotaan	Kriteria	Nilai/Skor
< 500	1	> 70,00	1	a. Sekolah Taman Kanak-kanak	<ul style="list-style-type: none"> • Ada atau ≤ 2,5 Km² • > 2,5 Km² 	1
500 – 1249	2	50,00 – 69,99	2	b. Sekolah Menengah Pertama		0
1250 – 2499	3	30,00 – 49,99	3	c. Sekolah Menengah Umum		
2500 – 3999	4	20,00 – 29,99	4	d. Pasar	<ul style="list-style-type: none"> • Ada atau ≤ 2 Km² • > 2 Km² 	1
4000 – 5999	5	15,00 – 19,99	5	e. Pertokoan		0
6000 – 7499	6	10,00 – 14,99	6	f. Bioskop	<ul style="list-style-type: none"> • Ada atau ≤ 5 Km² • > 5 Km² 	1
7500 – 8499	7	5,00 – 9,99	7	g. Rumah Sakit		0
> 8500	8	< 5,00	8	h. Hotel/Bilyar/Diskotek/ Panti Pijat/Salon	<ul style="list-style-type: none"> • Ada • Tidak ada 	1 0
				i. Persentase RT Telepon	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 8,00 • < 8,00 	1 0
				j. Persentase RT Listrik	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 90,00 • < 90,00 	1 0

Catatan: ¹ Jarak tempuh diukur dari Kantor Desa/Kelurahan

Kabupaten Sidoarjo diklasifikasikan berdasarkan status wilayah menjadi perkotaan dan perdesaan. Jumlah rumah tangga yang berada di perkotaan dan

perdesaan berdasarkan sensus penduduk 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Status Wilayah

Kecamatan		Perkotaan/Perdesaan		
		Perkotaan	Perdesaan	Perkotaan+Perdesaan
010	Tarik	8,953	7,327	16,280
020	Prambon	13,931	4,259	18,190
030	Krembung	12,105	2,641	14,746
040	Porong	12,435	3,508	15,943
050	Jabon	7,820	4,706	12,526
060	Tanggulangun	18,876	1,741	20,617
070	Candi	35,867	1,708	37,575
080	Tulangan	21,690	876	22,566
090	Wonoayu	15,722	2,405	18,127
100	Sukodono	26,944	1,761	28,705
110	Sidoarjo	50,524	0	50,524
120	Buduran	22,060	3,478	25,538
130	Sedati	22,898	1,957	24,855
140	Waru	64,925	587	65,512
150	Gedangan	39,235	0	39,235
160	Taman	56,968	0	56,968
170	Krian	27,624	2,831	30,455
180	Balong Bendo	13,789	3,306	17,095
Kabupaten Sidoarjo		472,366	43,091	515,457

Sumber : Data Sensus Penduduk 2010 Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.

Berdasarkan data sensus penduduk 2010 yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Republik Indonesia menunjukkan bahwa terdapat dua bahan bakar utama memasak yang digunakan oleh rumah tangga di Kabupaten Sidoarjo yaitu Gas dan minyak tanah. Penggunaan Gas oleh rumah tangga di Kabupaten Sidoarjo sebanyak 477.284, sedangkan untuk penggunaan minyak tanah sebanyak 13.674 rumah tangga dan kayu bakar sebesar 7.894. Pada Tabel 2.7 merupakan data mengenai penggunaan bahan bakar utama memasak yang digunakan oleh rumah tangga di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 2.7 Jumlah Rumah Tangga Menurut Wilayah dan Bahan Bakar Utama untuk Memasak

Nama Kecamatan		Bahan Bakar Utama untuk Memasak		
		Gas	Minyak tanah	Kayu bakar
10	Tarik	14,828	284	889
20	Prambon	16,955	293	685
30	Krembung	13,198	431	887
40	Porong	14,630	498	542
50	Jabon	11,181	257	809
60	Tanggulangin	19,668	349	195
70	Candi	35,553	1,095	255
80	Tulangan	21,401	289	494
90	Wonoayu	17,057	302	501
100	Sukodono	27,072	584	431
110	Sidoarjo	47,033	1,776	235
120	Buduran	23,604	500	149
130	Sedati	22,723	814	101
140	Waru	60,030	2,113	126
150	Gedangan	35,815	898	107
160	Taman	53,102	1,652	262
170	Krian	28,122	1,021	378
180	Balong Bendo	15,312	518	848
Kabupaten Sidoarjo		477,284	13,674	7,894

Sumber : Data Sensus Penduduk 2010 Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.

2.2.2 Perbandingan Penggunaan Lahan Permukiman, Jumlah Penduduk dan Jumlah Rumah di Kabupaten Sidoarjo

Perkembangan permukiman di Kabupaten Sidoarjo terjadi tidak merata, beberapa kawasan tumbuh relatif cepat sedangkan kawasan lainnya relatif lambat. Pertumbuhan permukiman yang terjadi dengan cepat antara lain berada di Kecamatan Sidoarjo, Kecamatan Taman, Kecamatan Waru dan Kecamatan Sedati, sebagai akibat dari adanya kegiatan industri dan imbas dari keberadaan Bandara Juanda. Hal ini yang menyebabkan tingginya tingkat kepadatan bangunan rumah berada di wilayah ini. Pada Tabel 2.8 merupakan data perbandingan Penggunaan Lahan Permukiman, Jumlah Penduduk dan Jumlah Rumah di Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan pada Tabel 2.9 tersaji data mengenai

luas wilayah, kepadatan penduduk (km², desa, dan rumah tangga) pada tahun 2012.

Tabel 2.8 Perbandingan Penggunaan Lahan Permukiman, Jumlah Penduduk dan Jumlah Rumah di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009

Kecamatan	Luas Wilayah (Ha)		Jumlah Penduduk		Jumlah Rumah	Kepadatan Penduduk (jiwa/Ha)	Kepadatan Rumah (rumah/Ha)
	Total Wilayah	Permukiman	Jumlah Jiwa	Jumlah KK			
Sidoarjo	3.103,228	710,265	178.244	52.315	56.061	57	79
Buduran	4.284,000	921,000	78.026	19.689	na	18	Na
Candi	2.610,169	958,046	106.773	35.551	37.088	41	39
Porong	na	na	157.736	19.323	na	na	Na
Krembung	2.146,600-	521,031-	48.471-	11.286	10.47	23	20
Tulangan	3.335,000	998,000	78.995	20.198	21.144	24	212
Tanggulangun	3.069,170	771,690	66.845	19.85	18.337	22	24
Jabon	8.099,760	28,200	55.156	11.579	na	7	na
Krian	2.790,905	1.047,470	107.783	30.721	28.023	39	27
Balombang	2.997,265	881,032	68.014	19.278	15.172	23	17
Wonoayu	2.464,940	693,173	60.769	17.254	15.272	25	22
Tarik	3.635,235	na	32.003	16.425	14.367	9	na
Prambon	3.139,341	774,845	65.336	16.464	16.432	21	na
Taman	3.218,000	944,050	173.41	36.827	29.704	54	31
Waru	3.032,000	na	198.805	52.068	46.436	66	na
Gedangan	2.245,468	1.475,000	109.129	27.754	22.85	49	15
Sedati	na	na	65.211	24.362	16.069	Na	na
Sukodono	3.485,740	na	na	23.988	na	Na	na

Sumber: Inventaris Data Perumahan dan Permukiman Kecamatan Tahun 2009, Data Monografi Kecamatan 2009

Tabel 2.9 Luas Wilayah, Kepadatan Penduduk (Km², Desa, dan Rumah tangga) 2012

Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Kepadatan Penduduk		
		Km ²	Desa	Rumah Tangga
1. Sidoarjo	56,00	3.694,82	8.621	3,4
2. Buduran	37,00	2.544,24	6.276	3,4
3. Candi	38,00	3.801,71	6.019	3,4
4. Porong	28,00	3.201,93	4.719	3,3
5. Krembung	27,00	2.565,48	3.646	3,1
6. Tulangan	30,00	3.057,37	4.169	3,2
7. Tanggulangun	30,00	3.543,77	5.595	3,3

Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Kepadatan Penduduk		
		Km ²	Desa	Rumah Tangga
8. Jabon	62,00	944,55	3.904	3,2
9. Krian	30,00	4.079,53	5.563	3,4
10. Balongbendo	29,00	2.518,38	3.652	3,2
11. Wonoayu	33,00	2.436,97	3.497	3,2
12. Tarik	33,00	2.021,03	3.335	3,1
13. Prambon	31,00	2.518,87	3.904	3,1
14. Taman	29,00	7.391,59	8.932	3,4
15. Waru	28,00	7.989,18	13.159	3,5
16. Gedangan	23,00	5.369,22	8.233	3,4
17. Sedati	62,00	1.551,68	6.013	3,5
18. Sukodono	32,00	3.564,69	6.004	3,4
Jumlah/Total 2012	638,00	3.218,60	5.817	3,3
Jumlah/Total 2011	714,27	2.778,45	5.622	3
Jumlah/Total 2010	714,27	2.825,60	5.717	4
Jumlah/Total 2009	714,27	2.751,00	5.566	4
Jumlah/Total 2008	714,27	2.522,00	5.103	4

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo 2013

2.2.3 Emisi yang Dihasilkan dari Sektor Permukiman

Setiap kegiatan atau aktivitas rumah tangga yang menggunakan bahan bakar dapat menghasilkan jejak karbon yang berbeda-beda tergantung dari lama penggunaan bahan bakar seperti LPG (Liquefied Petroleum Gas), minyak tanah dan kayu bakar dalam kehidupan sehari-hari. Lama penggunaan bahan bakar tergantung pada frekuensi pemakaian bahan bakar tersebut dalam aktivitas atau kegiatan rumah tangga seperti memasak (Astari, 2012).

2.3 Persampahan

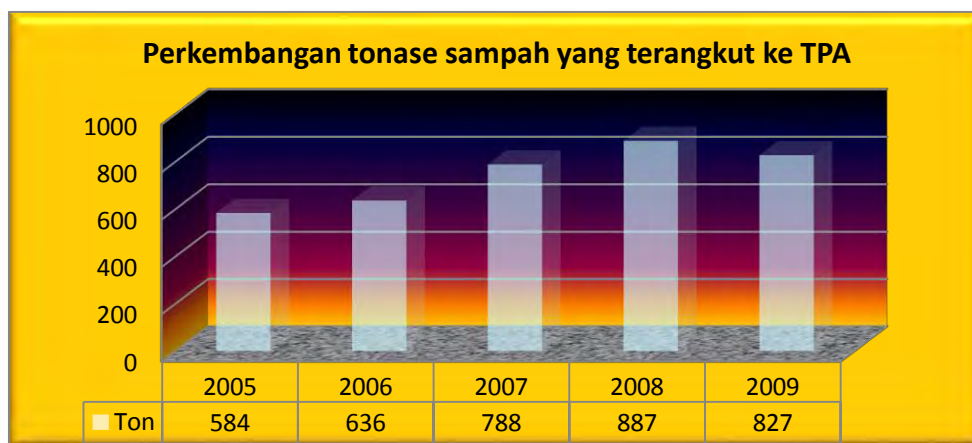
Definisi sampah berdasarkan UU-18/2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan.

2.3.1 Timbulan Sampah

Dengan jumlah penduduk 1.964.759 jiwa pada tahun 2009, diperkirakan timbulan sampah rumah tangga Kabupaten Sidoarjo (asumsi 3 liter/orang/hari,

tidak termasuk tinja dan sampah spesifik) perhari adalah 5.894, 277 m³/hari (Data Dinas Kesehatan dan BPS, diolah).

Dari timbunan sampah rumah tangga dan sejenis rumah tangga diatas, yang dibuang ke TPA hanya berjumlah 802 m³, yang terdiri dari 545 m³/hari sampah organik dan 224 m³ sampah non organik. Realisasi tonase sampah yang terangkut ke TPA yang dicapai pada tahun 2009 sebesar 827 ton, meningkat 243 ton (41,61%) dibanding tahun 2005 yang sebesar 584 ton. Perkembangan sampah yang tertangani selama tahun 2005 hingga tahun 2009 dapat dilihat dalam gambar 2.4.



Gambar 2.4. Perkembangan Tonase Sampah yang Terangkut ke TPA

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan

Pada grafik diatas terlihat bahwa pada tahun 2009 tonase sampah yang berhasil diangkut ke TPA mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adanya beberapa faktor yaitu:

- Pengelolaan sampah mandiri oleh masyarakat
- Komposting oleh masyarakat
- Pembakaran sampah di incinerator
- Hambatan kemacetan lalu lintas jalan raya Porong

Pengelolaan sampah oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Sidoarjo melayani 234.264 orang atau 15% dari jumlah penduduk total, dengan jumlah sampah yang terangkut 554 m³/hari atau 17% dari jumlah sampah total. Jumlah tersebut dilakukan oleh tenaga kerja pengelola sampah sebanyak 454 orang

dengan rincian; pasukan kuning sebanyak 378 orang, sopir angkutan 21 orang, kru angkutan 48 orang, dan operator incenerator 9 orang.

Minimnya penduduk yang terlayani disamping karena luas kawasan yang cukup besar dengan karakter yang bervariasi (perdesaan, pesisir, industri, dsb) juga karena kurangnya prasarana. Sebelum diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah dikumpulkan pada TPS yang tersebar tidak merata di Kabupaten Sidoarjo. Adapun peningkatan pelayanan persampahan yang akan dicapai Kabupaten Sidoarjo, dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut ini :

Tabel 2.10 Proyeksi Pelayanan Persampahan

Tahun	Proyeksi Jumlah Penduduk (jiwa)	Proyeksi jumlah penduduk terlayani (jiwa)	Proyeksi Timbulan Sampah (m ³ /hari)	Proyeksi Timbulan Sampah Terangkut (m ³ /hari)
2012	1.885.888	433.750	4.148	954
2013	1.910.405	458.490	4.202	1.010
2014	1.935.240	483.810	4.257	1.064
2015	1.960.398	508.700	4.312	1.121

Sumber : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo, 2010

2.3.2 Emisi yang Dihasilkan dari Sektor Persampahan

Pembuangan limbah padat di tempat pembuangan akhir (TPA) atau landfill limbah padat, yang di dalam IPCC 2006 *Guideline* disebut sebagai *solid waste disposal site* (SWDS) mencakup TPA/landfill untuk limbah padat domestik (sampah kota), limbah padat industri, limbah sludge/lumpur industri, dan lain-lain. TPA dibedakan menjadi: (1) *Managed* SWDS (TPA yang dikelola/*control landfill/sanitary landfill*); (2) *Un-managed* SWDS (TPA yang tidak dikelola atau open dumping); dan (3) *Uncategorized* SWDS (TPA yang tidak dapat dikategorikan sebagai *managed* maupun *un-managed* SWDS karena tidak termasuk pada kualifikasi diantara keduanya).

Limbah padat yang umumnya dibuang di SWDS adalah sebagai berikut:

- Sampah padat domestik (sampah kota) atau *municipal solid waste* (MSW);
- Limbah padat industri (bahan berbahaya dan beracun/B3) maupun non-B3), yaitu misalnya bottom ash pembangkit listrik, limbah lumpur/sludge instalasi pengolahan limbah (IPAL), limbah padat industri agro (cangkang

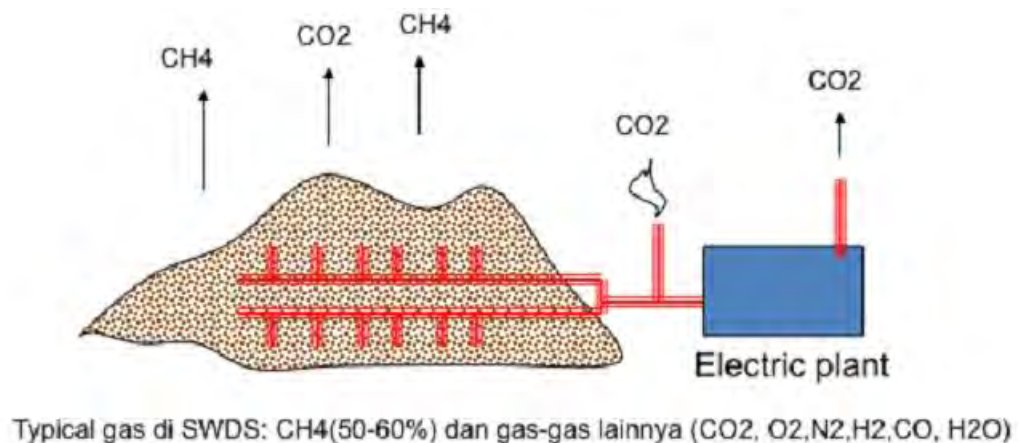
sawit/Empty Fruit Bunch/EFB), dan lain-lain yang umumnya dibuang pada control landfill (managed SWDS);

- c. Limbah padat lainnya (other waste), yaitu clinical waste (limbah padat rumah sakit, laboratorium uji kesehatan, dan lain-lain), hazardous waste, dan construction and demolition (limbah konstruksi dan bongkaran bangunan), dan lain-lain;
- d. Agricultural waste (tidak dikelompokkan dalam sampah ini, dibahas dalam AFOLU). (Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional)

Pembentukan emisi GRK dari tumpukan sampah kota/MSW di TPA/SWDS secara umum dapat digambarkan sebagai Gambar 2.5. CH_4 terutama berasal dari proses penguraian anaerobik komponen-komponen DOC (degradable organic carbon compound) di dalam sampah. Proses tersebut tidak hanya mengemisikan gas CH_4 namun juga gas CO_2 dan gas-gas lainnya seperti CO , N_2 , O_2 , H_2 , dan H_2O . Gas-gas ini umumnya disebut landfill gas (LFG).

Berdasarkan IPCC 2006 Guidelines, CO_2 yang diemisikan dari pengolahan limbah secara biologi tidak termasuk dalam inventarisasi GRK dari penimbunan limbah padat di TPA karena dikategorikan biogenic origin dan dihitung sebagai net emission dari AFOLU. Gas-gas lainnya juga tidak termasuk dalam inventarisasi karena tidak signifikan jumlahnya.

Pada sistem TPA yang dikelola, biogas yang terbentuk direcovery untuk dimanfaatkan sebagai pembangkitan listrik/panas (steam) atau dibakar untuk menghindari pelepasan CH_4 (dengan alasan gas tersebut adalah GRK dan juga alasan safety/keamanan karena gas tersebut mudah terbakar). Dengan demikian, besarnya emisi gas CH_4 adalah total gas CH_4 yang terbentuk dikoreksi dengan besarnya gas CH_4 yang direcovery/dibakar. (Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional)



Gambar 2.5 Proses pembentukan emisi GRK dari tumpukan sampah kota di TPA

Sumber : Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional

2.4 Tapak Karbon, Emisi CO₂ dan CH₄

Karbon dioksida (CO₂) adalah suatu gas penting dan dalam kadar yang normal sangat bermanfaat dalam melindungi kehidupan manusia di bumi. Komposisi ideal dari CO₂ dalam udara bersih seharusnya adalah 314 ppm sehingga jumlah yang berlebihan di atmosfer bumi akan mencemari udara serta menimbulkan efek gas rumah kaca – GRK (Kirby, 2008). Umumnya, pencemaran yang diakibatkan oleh emisi CO₂ bersumber dari 2 (dua) kegiatan yaitu; alam (natural), dan manusia (antropogenik) seperti emisi CO₂ yang berasal dari transportasi, sampah, dan konsumsi energi listrik rumah tangga. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan manusia (antropogenik) konsentrasinya relatif lebih tinggi sehingga mengganggu sistem kesetimbangan di udara dan pada akhirnya merusak lingkungan dan kesejahteraan manusia (Yoshinori, et al., 2009).

Gas metana adalah gas yang timbul dari proses fermentasi anaerobic (tanpa udara) dari bahan organik seperti limbah kotoran ternak, sampah, maupun limbah pertanian. Diantara komponen yang menyusun biogas yang paling dominan adalah gas metana (54-70%) dan karbondioksida sebesar 27-45% (Hilman, 2006).

Jejak karbon merupakan suatu ukuran jumlah total dari hasil emisi karbondioksida secara langsung (primer) maupun tidak langsung (sekunder) yang disebabkan oleh aktifitas atau akumulasi dari penggunaan produk dalam

kehidupan sehari-hari (Wiedmann and Minx, 2008). Jejak karbon primer merupakan ukuran emisi CO₂ yang bersifat langsung. Jejak karbon primer didapat dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti dari memasak dan transportasi. Setiap kegiatan atau aktifitas rumah tangga yang menggunakan bahan bakar dapat menghasilkan jejak karbon yang berbeda-beda tergantung dari lama penggunaan bahan bakar seperti LPG (liquefied petroleum gas), minyak tanah maupun bahan bakar kendaraan dalam kehidupan sehari-hari.

Jejak karbon sekunder merupakan emisi CO₂ yang bersifat tidak langsung. Jejak karbon sekunder dihasilkan dari peralatan-peralatan elektronik rumah tangga dimana peralatan elektronik ini dapat berfungsi dengan menggunakan daya listrik. Hal ini didapat dari daur hidup dari produk-produk yang kita gunakan, seperti konsumsi listrik. Jumlah penduduk dunia terus meningkat setiap tahunnya, sehingga peningkatan kebutuhan energi pun tak dapat dielakkan. Dewasa ini, hampir semua kebutuhan energi manusia diperoleh dari konversi sumber energi fosil, misalnya pembangkitan listrik dan alat transportasi yang menggunakan energi fosil sebagai sumber energinya. (Wulandari, dkk, 2013).

2.5 *Intergovernmental Panel on Climate (IPCC)*

Pilihan pendekatan pengukuran/monitoring dan tiers yang tertuang dalam petunjuk IPCC disesuaikan dengan tingkat kesiapan/kapasitas data yang dimiliki yang berpengaruh pada tingkat ketelitian.

- Tier 1 (basic) : Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan data default dan faktor emisi default IPCC.
- Tier 2 (intermediate) : Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu Negara atau kota.
- Tier 3 (most demanding) : Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan metoda spesifik suatu Negara dengan menggunakan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu Negara atau kota.

Tingkat ketelitian Tier 1 adalah metodologi perhitungan emisi CO₂ yang paling sederhana dimana perhitungan didasarkan atas data aktivitas dan faktor

emisi. Persamaan umum yang digunakan untuk perhitungan emisi CO₂ adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \quad (2.1)$$

Data aktivitas yang dimaksud merupakan data aktivitas yang terkait dengan seberapa banyaknya aktivitas yang dilakukan sehingga menghasilkan emisi CO₂. data aktivitas yang terkait dengan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar berupa berapa banyak bahan bakar yang dipergunakan untuk keperluan bahan rumah tangga ataupun keperluan lainnya. Perhitungan emisi Tier 1 menggunakan data aktivitas yang sederhana. Sedangkan Tier 2 dan Tier 3 menggunakan data aktivitas yang lebih akurat dan lebih rinci. Faktor emisi merupakan besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan setiap unit, dapat berupa volume ataupun berat bahan bakar yang digunakan.

Emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar LPG secara umum menggunakan persamaan 2.2 dan emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar minyak tanah menggunakan persamaan 2.3. Sedangkan untuk emisi CO₂ dan CH₄ yang dihasilkan dari sampah TPA secara umum menggunakan persamaan 2.4, 2.5, dan 2.6.

2.6 Perhitungan Emisi Karbon Dengan Rumus IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change)

2.6.1 Estimasi Emisi dari Sektor Permukiman

Emisi CO₂ yang berasal dari pemakaian bahan bakar rumah tangga berupa LPG dan minyak tanah merupakan emisi Emisi CO₂ primer. Perhitungan emisi yang dihasilkan dari bahan bakar tersebut menggunakan pendekatan nilai faktor-faktor emisi dan Net Calorific Volume (NCV) bahan bakar LPG, minyak tanah, dan kayu bakar seperti pada Tabel 2.11, Tabel 2.12, dan Tabel 2.13.

Tabel 2.11 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar LPG

Bahan Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)
LPG	63,1	47,3

Sumber : IPCC, 2006

Persamaan (2.2) merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung total emisi CO₂ dari bahan bakar LPG yang bersumber dari IPCC (2006).

$$P_{ey} = F_{cy} \times EF_{LPG} \times NCV_{LPG} \quad (2.2)$$

Dimana:

P_{ey} = Total emisi CO₂ (gr)

F_{cy} = Konsumsi LPG (kg)

EF_{LPG} = Faktor emisi LPG 63,1 (gr/MJ)

NCV_{LPG} = 47,3 (MJ/kg)

Untuk menghitung total emisi CO₂ bahan bakar minyak tanah digunakan persamaan (2.3).

Tabel 2.12 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Minyak Tanah

Bahan Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)
Minyak Tanah	71,9	43,8

Sumber : IPCC, 2006

$$B_{ey} = EF_{kero} \times FC_{kero} \times NCV_{kero} \quad (2.3)$$

Dimana:

B_{ey} = Total emisi CO₂ (gr)

EF_{kero} = Faktor emisi minyak tanah 71,9 (gr/MJ)

FC_{kero} = Konsumsi minyak tanah (kg)

NCV_{kero} = 43,8 (MJ/kg)

Untuk menghitung total emisi CO₂ bahan bakar kayu bakar digunakan persamaan (2.4).

Tabel 2.13 Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar Kayu Bakar

Bahan Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)
Kayu Bakar	112	15

Sumber : IPCC, 2006

$$C_{ey} = EF_{kayu} \times FC_{kayu} \times NCV_{kayu} \quad (2.4)$$

Dimana:

C_{ey} = Total emisi CO₂ (gr)

EF_{kero} = Faktor emisi kayu 112 (gr/MJ)

FC_{kero} = Konsumsi kayu (kg)

NCV_{kero} = 15 (MJ/kg)

2.6.2 Estimasi Emisi dari Sektor Persampahan

A. Sampah yang di timbun di TPA berdasarkan IPCC 2006:

$$\text{Emisi CH}_4 = \left(MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{2} - R \right) \times (1 - OX) \quad (2.5)$$

Keterangan:

MSW_T = timbulan sampah kota (Gg/yr)

MSW_F = fraksi timbulan sampah kota yang ditimbun di TPA

MCF = Faktor koreksi metan (fraksi)

DOC = Degradasi organik karbon (fraksi) (Kg C/Kg sampah)

$DOCF$ = Fraksi dari DOC

F = Fraksi dari CH₄ di TPA (0,5 berdasarkan IPCC)

R = Recovery CH₄ (Gg/yr)

OX = Faktor oksidasi (0,1 berdasarkan IPCC)

16 =MR dari CH₄ (kg/kg-mol)

Keterangan lebih lanjut mengenai DOC, DOCF, F, R, dan OX berdasarkan IPCC (2006) adalah sebagai berikut :

a. DOC

DOC adalah karakteristik yang menentukan besarnya gas CH₄ yang dapat terbentuk pada proses degradasi komponen organik/karbon yang ada pada limbah. Pada sampah padat kota, DOC sampah bulk diperkirakan berdasarkan angka rata-rata DOC masing-masing komponen sampah. DOC ini dihitung berdasarkan komposisi (% berat) dan dry matter content (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah (persamaan 2.6).

$$DOC = \sum i (DOC_i \times Wi) \quad (2.6)$$

dimana:

DOC = Fraksi degradable organic carbon pada sampah bulk, Ggram
C/Gram sampah

DOC_i = Fraksi degradable organic carbon pada komponen sampah i (basis
berat basah)

W_i = Fraksi komponen sampah jenis i (basis berat basah)

I = Komponen sampah (misal sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dan
lain-lain)

Tabel 2.14 Nilai DOC_i

No	Jenis Sampah	Nilai DOC _i
1	Sampah makanan	0,15
2	Sampah kebun	0,20
3	Sampah kertas	0,40
4	Sampah kayu dan jerami	0,43
5	Sampah tekstil	0,24
6	Diapers	0,24
7	Karet dan kulit	0,39
8	Lumpur	0,05
9	Kaca, plastik, logam	0
10	Lain-lain	0

Sumber : IPCC, 2006

b. Fraction of Degradable Organic Dissimilated (DOC_F)

DOC_F merupakan perkiraan fraksi karbon yang terdegradasi dan teremisikan dari TPA. DOC_F juga merupakan penggambaran kenyataan bahwa beberapa karbon organik tidak terdegradasi atau terdegradasi sangat lambat, dalam kondisi anaerobik di TPA. Nilai standar yang direkomendasikan untuk DOC_F adalah 0,5 dengan asumsi bahwa lingkungan TPA dalam kondisi anaerobic. Nilai DOC_F tergantung pada banyak faktor seperti suhu, kelembaban, pH, komposisi sampah, dll.

c. Fraksi CH₄ pada gas Landfill yang dihasilkan (F)

Emisi gas CH₄ yang dihasilkan oleh sebagian besar sampah di landfill sekitar 50%. Bahan-bahan seperti minyak dan lemak dapat menghasilkan gas CH₄ lebih dari 50%. Nilai standar yang direkomendasikan untuk fraksi CH₄ adalah 0,5.

d. *Methane Correction Factors* (MCF)

Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) bergantung pada pengelolaan yang dilakukan di TPA. Klasifikasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan Nilai dari *Methane Correction Factors* (MCF) tersaji pada Tabel 2.16.

Tabel 2.15 Klasifikasi TPA dan *Methane Correction Factors* (MCF)

Tipe TPA	MCF
Terkelola-anaerobik ¹	1,0
Terkelola-semi-anaerobik ²	0,5
Tidak terkelola-dalam (tinggi sampai>5m) dan/air tanah yang dangkal ³	0,8
Tidak terkelola-dangkal (tinggi sampai<5m) ⁴	0,4
TPA tidak memiliki katagori ⁵	0,6

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

1. TPA terkelola-anaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol setidaknya meliputi salah satu dari berikut : (i) tercover, (ii) pemadatan, atau (iii) perataan sampah
2. TPA terkelola-semianaerobik : tempat pembuangan yang terkontrol dan semua struktur untuk mendapatkan udara untuk setiap lapisan sampah : (i) bahan penutup yang permeable, (ii) system drainase lindi, atau (iii) pengaturan umur kolam, (iv) system ventilasi gas
3. TPA tidak terkelola-dalam atau air tanah dangkal : semua TPA yang ditemukan adanya kriteria TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman lebih besar atau sama dengan 5 m dan atau air tanah dangkal
4. TPA tidak terkelola-dangkal : semua TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman kurang dari 5m
5. TPA tidak memiliki katagori : hanya jika Negara tidak dapat mengkatagorikan TPA ke dalam 4 katagori TPA yang disebutkan sebelumnya,

e. *Oxidation Factor* (OX)

Nilai dari *Oxidation Factor* (OX) menunjukkan sejumlah CH₄ dari TPA yang teroksidasi pada tanah atau bahan lainnya yang menutupi tanah. TPA yang dikelola dengan baik cenderung memiliki faktor oksidasi yang lebih tinggi

daripada TPA yang tidak dikelola. Nilai dari *Oxidation Factor* (OX) tersaji pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16 *Oxidation Factor* (OX)

Tipe TPA	Nilai Standar Oxidation Faktor (OX)
TPA terkelola, tidak terkelola, dan tidak terkatagori ¹	1,0
TPA terkelola yang tertutup oleh bahan pengoksidasi CH ₄ ²	0,5

Sumber : IPCC, 2006

Keterangan :

¹ Terkelola tetapi tidak tertutup dengan bahan yang mampu beraerasi

² contohnya tanah, kompos

B. Sampah yang di bakar (*Open Burning*) berdasarkan IPCC 2006:

Metode umum yang digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap emisi CO₂ dari pengelolaan limbah dengan proses open burning adalah berdasarkan pada prakiraan kandungan karbon fosil dalam limbah yang dibakar, kemudian dikalikan dengan faktor oksidasi dan mengkonversi produk (jumlah karbon fosil yang dioksidasi) ke CO₂. berikut ini merupakan rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran limbah padat (sampah) berdasarkan IPCC (2006) :

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{MSW} \times \sum_j (\text{WF}_j \times \text{dm}_j \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j) \times \frac{44}{12} \quad (2.7)$$

MSW = Jumlah total dari limbah padat sebagai berat basah pembakaran terbuka (Ggram/tahun)

WF_j = fraksi tipe limbah dari komponen j dalam MSW

Dm_j = kandungan zat kering dalam komponen j pada MSW pembakaran terbuka (nilai Dm_j dapat dilihat pada Tabel 2.18)

CCF_j = fraksi karbon dalam bahan kering (kandungan karbon) pada komponen j (dapat dilihat pada Tabel 2.19)

FCF_j = fraksi fosil karbon dalam total karbon pada komponen j (dapat dilihat pada Tabel 2.20)

Of_j = faktor oksidasi, (fraksi)

44/12 = faktor konfersi dari C ke CO₂

J = komponen dari MSW pembakaran terbuka (kertas, tekstil, sisa makanan, kayu, limbah kebun dan taman, diapers, plastic, karet, logam, kaca)

Tabel 2.17 Nilai Dry Matter Content (Dmj)

No	Jenis Sampah	Nilai Dmj
1	Sampah makanan	0,4
2	Sampah kebun	0,4
3	Sampah kertas	0,9
4	Sampah kayu	0,85
5	Sampah tekstil	0,8
6	Diapers	0,4
7	Karet dan kulit	0,84
8	Plastik	1
9	Logam	1
10	Kaca	1
11	Lain-lain	0,9

Sumber : IPCC, 2006

Tabel 2.18 Nilai CCFj

No	Jenis Sampah	Nilai CCFj
1	Sampah makanan	0,15
2	Sampah kebun	0,2
3	Sampah kertas	0,4
4	Sampah kayu	0,43
5	Sampah tekstil	0,24
6	Diapers	0,4
7	Karet dan kulit	0,39
8	Plastik	0
9	Logam	0
10	Kaca	0
11	Lain-lain	0

Sumber : IPCC, 2006

Tabel 2.19 Nilai FCFj

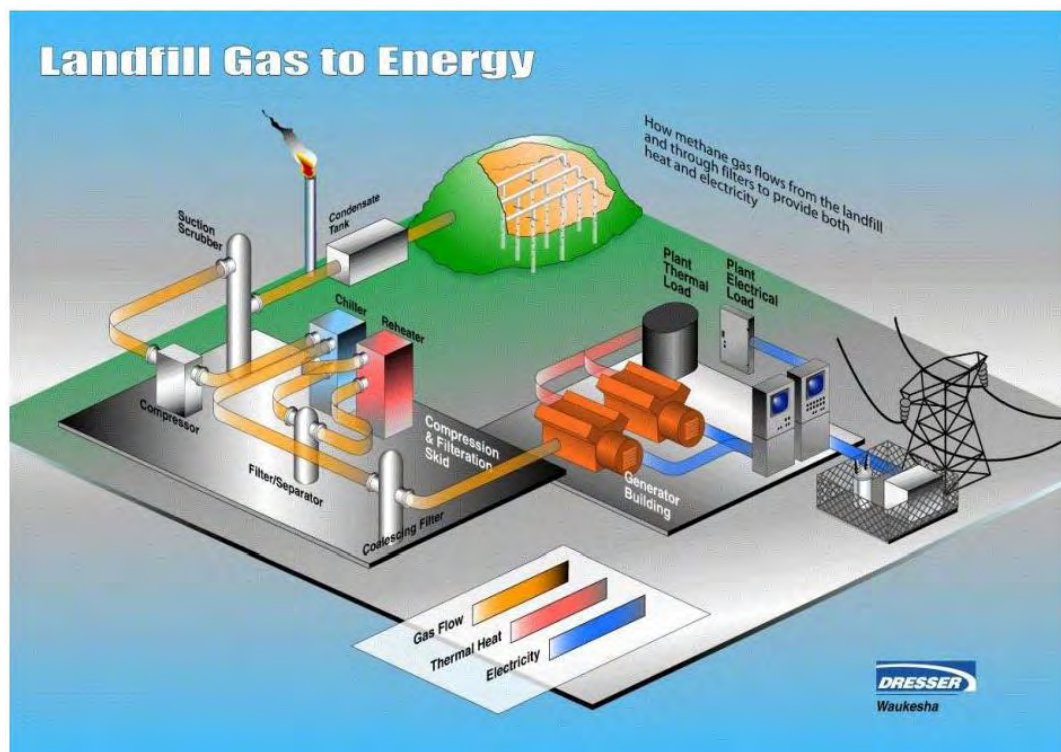
No	Jenis Sampah	Nilai FCFj
1	Sampah makanan	0
2	Sampah kebun	0
3	Sampah kertas	0,01
4	Sampah kayu	0
5	Sampah tekstil	0,2
6	Diapers	0,1
7	Karet dan kulit	0,2

No	Jenis Sampah	Nilai FCFj
8	Plastik	1
9	Logam	0
10	Kaca	0
11	Lain-lain	1

Sumber : IPCC, 2006

2.7 Pemanfaatan *Landfill Gas* (LFG)

Gas *landfill* merupakan gas yang dihasilkan oleh limbah pada yang dibuang ke *landfill*. Sampah yang ditimbun dan ditekan di suatu tempat secara mekanik dan tekanan dari lapisan di atasnya. Karena kondisinya menjadi anaerobik maka bahan organik terurai dan menjadi gas *landfill*. Pada Gambar 2.6 menunjukkan pemanfaatan LFG untuk pembangkit listrik.

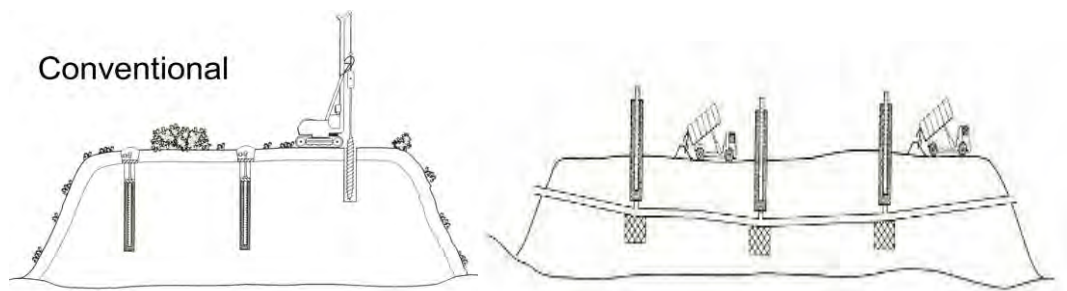


Gambar 2.6 Pemanfaatan LFG untuk Pembangkit Listrik

Sumber: LFG Energy Project Development Handbook EPA, 2010

Pada proses pemanfaatan gas seperti pada Gambar 2.6, gas menerima beberapa proses sebelum nantinya akan digunakan sebagai bahan baku pembangkit listrik. gas landfill yang dihasilkan ditangkap oleh sumur gas dan dibantu untuk dinaikkan ke permukaan dengan menggunakan blower.

Instalasi penangkapan gas lahan TPA yang mulai dikembangkan adalah dengan sistem pengeboran langsung di tempat pembuangan akhir, pengeboran didasarkan dari kedalaman tumpukan sampah. Hal tersebut dikarenakan umumnya TPA di Indonesia tidak di desain sanitary landfill dan lebih banyak open dumping sehingga perlu dilakukan pengeboran. Sistem pengeboran untuk pemanfaatan gas dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sistem Pengeboran untuk Pemasangan Pipa Hisap Conventional

Sumber: Build up and early extraction, Joeri Jacobs, 2006

Pada TPA terdapat sumur gas (sumur bor), antar sumur dihubungkan dengan pipa kolektor jaringan ini dilih karena jika terjadi kemacetan di satu jalur masih ada jalur lain yang bias digunakan. Konsentrasi gas CH_4 pada jaringan akhir jaringan utama diharapkan $>50\%$, oleh karena itu sumur yang produksi gas metannya rendah distop aliran gasnya agar tidak menurunkan konsentrasi pada luaran system penangkapan.

2.8 Penelitian yang Pernah Dilakukan

Boedisantoso (2014) menganalisa pengaruh tingkat pendapatan dan jumlah penghuni terhadap penggunaan bahcbban bakar LPG untuk rumah tangga yang menunjukkan tingkat pendapatan dan jumlah penduduk sangat mempengaruhi penggunaan bahan bakar LPG. Hasil dari penelitian tersebut

menunjukkan bahwa tingkat pendapatan yang dinyatakan dalam tipe rumah menyatakan rumah mewah jumlah penghuninya lebih banyak dibanding tipe rumah lainnya dengan studi kasus kota Surabaya.

Penelitian yang dilakukan oleh Golley dan Meng 2012 yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh tingkat pendapatan pada rumah tangga terhadap emisi CO₂ menunjukkan bahwa rumah tangga dengan tingkat pendapatan yang rendah menghasilkan emisi lebih intensif dari konsumsi energi langsung. Sedangkan emisi tidak langsung lebih intensif dihasilkan dari rumah tangga dengan penghasilan besar.

Potensi gas metan sampah dari sektor sampah di Indonesia sangat besar yakni sekitar 109,96 Gf pertahun dimana terdapat kurang lebih 400 TPA yang hampir semuanya beroperasi secara *open dumping*. Sebagian besar gas tersebut dihasilkan dari proses degradasi sampah taman, kayu, dan sampah sisa makanan (Purwanta, 2009).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Chen dan Chen (2011) menunjukkan adanya keterkaitan antara konsumsi energi dan emisi karbon yang berpengaruh pada GRK. Penelitian tersebut menganalisis emisi CO₂ yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil di tiga wilayah dunia pada tahun 2004. Selain itu Geng et al (2011 a) melakukan inventarisasi emisi CO₂ berdasarkan dari konsumsi energi dan melakukan perhitungan intensitas karbon di Daratan China tingkat provinsi pada tahun 1990, 1995, 2000, dan 2005-2008 menggunakan pendekatan keseimbangan massa berdasarkan *International Panel on Climate Change* (IPCC).

Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2012) menunjukkan bahwa emisi rata-rata CO₂ septictank rumah sederhana 0,0000791 gr /detik, rumah menengah 0,0000649 gr/detik dan rumah mewah 0,0000397 gr/detik. Emisi yang dihasilkan dari septictank tersebut sangat jauh berbeda dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar. Emisi rata-rata CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar yaitu untuk rumah sederhana 0,014 gr/detik, rumah menengah 0,018 gr/detik, dan rumah mewah sebesar 0,025 gr/detik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Umum

Wilayah studi yang dipilih adalah Kabupaten Sidoarjo, hal ini disebabkan karena laju pertumbuhan penduduk di Kabupaten Sidoarjo yang tinggi, sehingga akan mengakibatkan peningkatan emisi CO₂ dan CH₄ yang dihasilkan dari sektor pemukiman dan persampahan di Kabupaten Sidoarjo. Inventarisasi emisi yang dilakukan meliputi emisi dari sektor penggunaan energi dan non energi pemukiman dan persampahan. Metode estimasi beban emisi yang dilakukan dalam inventarisasi yaitu menggunakan pendekatan faktor emisi yang diambil dari IPCC Guidelines 2006 dan menggunakan analog persamaan umum perhitungan emisi CO₂ berdasarkan IPCC Guidelines 2006 untuk menentukan faktor emisi spesifik dari setiap data aktivitas baik sektor permukiman maupun sektor persampahan. Inventarisasi emisi karbon dilakukan dalam skala Kabupaten dan emisi karbon yang diinventarisasi merupakan emisi primer.

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan analisis yang dilakukan yaitu studi literatur yang berkaitan dengan tema penelitian, pengumpulan data primer, pengumpulan data sekunder, dan analisis data. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah penggunaan bahan bakar (LPG, minyak gas, dan kayu bakar), dan cara pengelolaan sampah rumah tangga. Data primer tersebut diperoleh dari survei lapangan dan kuisioner yang dilakukan pada bulan Oktober 2014. Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu jumlah penduduk, jumlah KK dan anggota jiwa, status wilayah (perdesaan dan perkotaan), penggunaan bahan bakar (LPG, minyak gas, dan kayu bakar), jumlah sampah terangkut ke TPA, jenis pengolahan sampah di TPA, jumlah timbulan sampah, komposisi sampah, persen pelayanan sampah, peta rupa bumi Kabupaten Sidoarjo. Data sekunder yang berkaitan dengan sektor persampahan di peroleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo, Badan Lingkungan Hidup. Data jumlah penduduk, jumlah rumah tangga berdasarkan status wilayah, penggunaan bahan bakar diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, Bapekab Sidoarjo.

Langkah berikutnya setelah tahapan pengumpulan data yaitu tahap analisis data, data yang telah diperoleh akan dianalisis menggunakan *Inter Governmental Panel on Climate Change* (IPCC) dengan pendekatan faktor emisi dan *Net Calorific Volume (NCV)* yang bersumber dari IPCC. Penelitian emisi CO₂ menggunakan menggunakan tier 2 dalam IPCC. Hal tersebut dikarenakan perhitungan emisi CO₂ berdasarkan atas data aktivitas yang spesifik di Kabupaten Sidoarjo yang salah satunya didapatkan berdasarkan hasil survei terhadap penggunaan bahan bakar LPG, minyak tanah dan kayu bakar dari sektor permukiman.

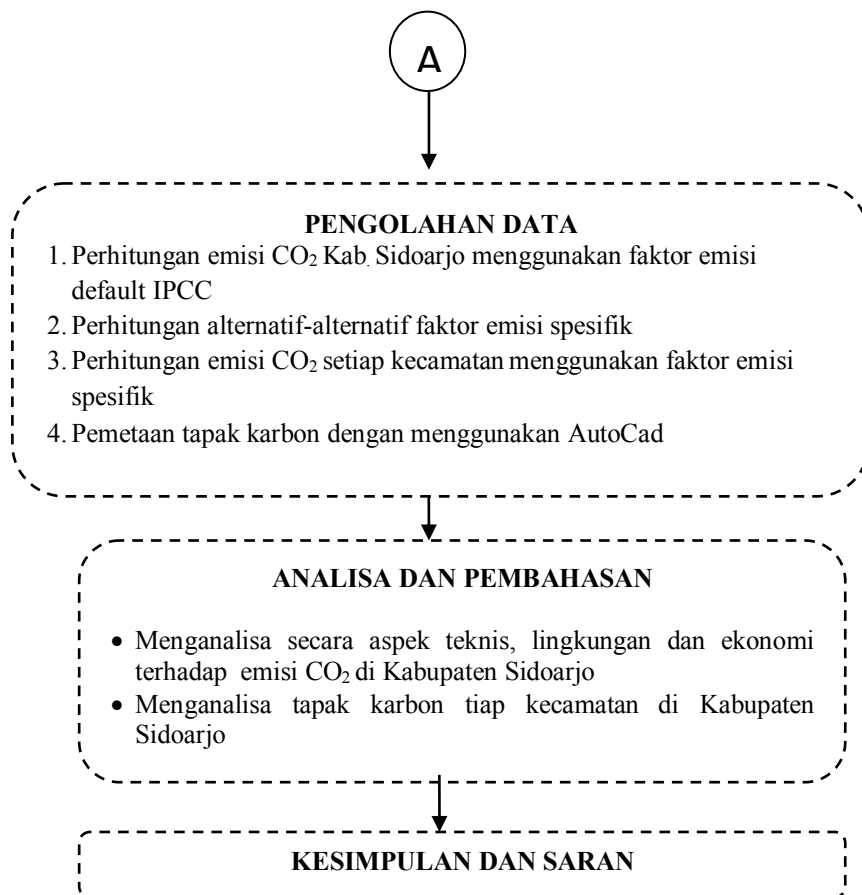
Berikutnya melakukan perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan faktor emisi default IPCC untuk masing-masing status wilayah (perdesaan dan perkotaan). Kemudian dari hasil analisis data dan hasil survey, dilakukan pengembangan faktor emisi sehingga didapatkan faktor emisi spesifik. Selanjutnya dilakukan perhitungan ulang emisi CO₂ setiap kecamatan dengan menggunakan faktor emisi spesifik untuk tiap sektor. Dari hasil perhitungan emisi tiap kecamatan tersebut maka dilakukan pemetaan sebaran emisi CO₂ per kecamatan di wilayah Kabupaten Sidoarjo menggunakan.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini merupakan acuan yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian dan disusun berdasarkan pada pemikiran adanya permasalahan untuk mencapai tujuan penelitian (Gambar 3.1). Tujuan dari penyusunan kerangka penelitian ini yaitu:

1. Kerangka penelitian ini dibuat sebagai gambaran awal mengenai tahapan dan metode yang digunakan selama penelitian agar pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan menjadi lebih sistematis
2. Kerangka penelitian ini dibuat untuk mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian sehingga mudah dalam melakukan penelitian dan memperkecil kesalahan prosedur dalam penelitian
3. Kerangka penelitian ini dibuat untuk mempermudah proses pemahaman setiap hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian sehingga tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik





Gambar 3.1 Skema Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi penjelasan mengenai studi literatur, pengumpulan data (data primer dan data sekunder), analisis data dan pembahasan, serta pengambilan kesimpulan dan saran. Tahapan penelitian ini diharapkan dapat mempermudah pelaksanaan penelitian dalam Tesis ini.

3.3.1 Ide Penelitian

Penelitian Thesis dengan judul “Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari Pemukiman dan Persampahan di Kabupaten Sidoarjo menjadi ide penelitian dikarenakan tingginya laju pertumbuhan Kabupaten Sidoarjo, serta meningkatnya trend perubahan penggunaan sawah menjadi pemukiman/bangunan besar sejak tahun 2005 sampai dengan 2010 yang rata-ratanya sebesar 794,6 atau terjadi perubahan dalam tiap tahunnya sebesar 40%. Tingkat perubahan lahan terbesar terjadi di Kabupaten Sidoarjo yaitu seluas 166,6 Ha atau kondisi lahan pertanian yang sebelumnya 23.369,8 Ha menjadi 23.203,2 Ha. Dengan meningkatnya jumlah penduduk maka berakibat pada meningkatnya timbunan sampah serta penggunaan energi dari sektor permukiman. Aktivitas pemukiman dan persampahan turut menyumbangkan emisi CO₂ dan CH₄ yang termasuk dalam Gas Rumah Kaca. Sehingga meningkatnya aktivitas dari ke dua sektor tersebut akan meningkatkan pula emisi CO₂ dan CH₄. Dengan adanya penelitian ini maka akan dapat dijadikan sumber data inventarisasi emisi sehingga dapat dilakukan evaluasi mengenai perubahan tingkat emisi yang diperlukan untuk mengetahui tingkat pencapaian penurunan emisi yang ditetapkan di dalam aksi mitigasi di tingkat daerah khususnya oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Sidoarjo. Selain itu dikarenakan kurangnya data mengenai faktor emisi spesifik yang sesuai dengan kondisi daerah-daerah di Indonesia menyebabkan sulitnya pelaksanaan inventarisasi emisi oleh daerah-daerah di Indonesia.

Pada penelitian ini faktor emisi spesifik karbon (CO₂ dan CH₄) yang dianalisis adalah FES yang didapatkan dari data aktivitas sektor pemukiman. Variasi aktivitas permukiman dilakukan berdasarkan jumlah rumah tangga menurut status wilayah (perdesaan dan perkotaan), penggunaan bahan bakar

(minyak tanah, LPG, dan kayu bakar). Sedangkan untuk analisis FES sektor persampahan dilakukan berdasarkan sistem pengelolaan sampah (pengumpulan sampah ke TPA dan open burning). Jumlah emisi karbon (CO_2 dan CH_4) dari sektor permukiman dan persampahan akan di petakan berdasarkan kecamatan di wilayah Kabupaten Sidoarjo menggunakan.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mendapatkan materi-materi dan mengkaji teori yang mendasari ruang lingkup penelitian serta mendukung tercapainya tujuan penelitian. Sumber-sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jurnal penelitian, buku diktat atau teks, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Studi literatur ini dilakukan sepanjang penelitian hingga penyusunan laporan. Studi literatur yang mendukung penelitian ini meliputi :

1. Emisi CO_2 dan CH_4 terutama yang bersumber dari sektor Permukiman dan Persampahan
2. Jejak karbon dan Gas Rumah Kaca (GRK)
3. IPCC
4. Literature yang terkait

3.3.3 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan menggunakan kuisioner ke sejumlah rumah tangga sebagai responden di wilayah studi, survei lapangan, dan teknik sampling. Sedangkan data sekunder didapatkan dari literatur-literatur maupun instansi-instansi yang terkait dalam penelitian ini yang akan digunakan sebagai data awal penelitian dan data pendukung dalam melakukan analisis.

3.3.3.1 Data Primer dan Sekunder

Data primer yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari kuisioner, survei lapangan dan sampling. Tujuan dari pengumpulan data primer ini adalah

untuk mengetahui keadaan sebenarnya mengenai penggunaan bahan bakar oleh rumah tangga, di wilayah Kabupaten Sidoarjo.

Pengelompokan rumah berdasarkan status wilayah merupakan salah satu variabel dalam penelitian ini. Pengelompokan tersebut digunakan untuk mengetahui perbedaan emisi CO₂ dan CH₄ yang dihasilkan dari masing-masing status wilayah. Data primer yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Penggunaan bahan bakar (LPG, minyak tanah, dan kayu bakar)

Penggunaan bahan bakar dikelompokkan berdasarkan penggunaan LPG, minyak gas tanah atau kayu bakar untuk mengetahui emisi yang dihasilkan dari ketiga jenis bahan bakar tersebut apakah ada perbedaan emisi yang signifikan khususnya pada sektor pemukiman di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Data mengenai penggunaan bahan bakar meliputi jenis bahan bakar, volume pakai (LPG, minyak tanah, dan kayu bakar), serta lama penggunaannya (LPG, minyak tanah, dan kayu bakar).

2. Jenis pengelolaan sampah rumah tangga

Jenis pengelolaan sampah dibedakan menjadi pengumpulan sampah ke TPA dan pembakaran sampah. Dikarenakan belum semua rumah tangga di Kabupaten Sidoarjo terlayani oleh pengangkutan sampah. Sehingga dapat diketahui emisi yang dihasilkan dari pembuangan sampah ke TPA dan emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah yang dilakukan oleh masyarakat di Kabupaten Sidoarjo.

Data sekunder diperoleh dari literatur-literatur maupun instansi-instansi yang terkait dalam penelitian ini. Dinas atau instansi yang terkasit dalam penelitian ini yaitu Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo, Badan Lingkungan Hidup, Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo, Bapekab Sidoarjo, serta instansi terkait lainnya. Data sekunder yang diperlukan yaitu :

1. Jumlah penduduk
2. Jumlah KK dan Anggota (jiwa)
3. Jumlah rumah tangga berdasarkan status wilayah
4. Penggunaan bahan bakar (LPG, minyak tanah, dan kayu bakar)
5. Jumlah sampah terangkut ke TPA
6. Jenis pengolahan sampah di TPA

7. Timbulan sampah
8. Karakteristik sampah
9. Persen pelayanan sampah di TPA
10. Peta rupa bumi Kabupaten Sidoarjo

3.3.3.2 Metode Sampling

Metode sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah *Stratified Random Sampling*. Metode tersebut digunakan karena populasi yang diteliti terdiri atas lapisan/beberapa strata yaitu berdasarkan tipe atau klasifikasi jenis rumah. Selain itu dalam sebuah penelitian kuantitatif dengan metode survei banyak peneliti yang menentukan ukuran sampel dengan menggunakan Krejcie Morgan. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara memilih rumah dari setiap lapisan secara acak.

Titik sampling yang pada penelitian ini ditentukan dengan menggunakan rumus Krejcie dan Morgan (1970) dalam Pradiptya (2011) pada persamaan (3.1).

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \quad (3.1)$$

Dimana:

n = Jumlah total sampel wilayah studi (rumah)

N = Jumlah populasi dalam wilayah studi (rumah)

X^2 = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (jika selang kepercayaan 95 % maka $X = 1,6$; jika 99 % maka $X = 2,58$)

P = Proporsi populasi (0,5 – 0,99)

d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Untuk jumlah sampel yang akan diambil di tiap tipe rumah dalam satu Kecamatan digunakan persamaan (3.2).

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right) \quad (3.2)$$

Dimana:

N_i = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi

N = Jumlah total populasi wilayah studi

n = Jumlah total sampel wilayah studi

n_i = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi

Penentuan jumlah sampel dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap pertama penentuan jumlah sampel untuk Kabupaten Sidoarjo dan tahap kedua penentuan jumlah sampel menurut katagori rumah di setiap kecamatan di Kabupaten Sidoarjo. Penentuan jumlah sampel tahap pertama menggunakan persamaan (3.1) dan penentuan jumlah sampel menurut katagori rumah setiap kecamatan menggunakan persamaan (3.2).

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (3.1) dengan jumlah populasi sebesar 455.616 di wilayah studi maka didapatkan jumlah total sampel (n), perhitungannya sebagai berikut :

$$n = \frac{1.6^{42} \times 515457 \times 0.5(1-0.5)}{(515457-1)0.1^2 + 1.6^{42} 0.5(1-0.5)}$$

$$n = 68$$

Hasil penentuan jumlah sampel menurut katagori rumah setiap kecamatan menggunakan persamaan (3.1) dan tersaji pada Tabel 3.1. Sedangkan hasil penentuan jumlah sampel per katagori rumah untuk setiap Kecamatan tersaji pada Tabel 3.2. Jumlah sampel tersebut mewakili populasi dengan tingkat kepercayaan 90%.

Tabel 3.1 Hasil Penentuan Jumlah Sampel Tiap Status Wilayah

Status Wilayah	Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Sampel Total	Jumlah Sampel
Perdesaan	43,091	68	6
Perkotaan	472,366		62
Jumlah	515,457	68	68

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 3.2 Hasil Penentuan Jumlah Sampel Per Wilayah Sampling di Kabupaten Sidoarjo

Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Perdesaan	Perkotaan
Tarik	16.280	1	1
Prambon	18.190	2	1
Kremlong	14.746	2	0
Porong	15.943	2	1
Jabon	12.526	1	1
Tanggulangin	20.617	2	0
Candi	37.575	5	0
Tulangan	22.566	3	0
Wonoayu	18.127	2	0
Sukodono	28.705	4	0
Sidoarjo	50.524	7	0
Buduran	25.538	3	1
Sedati	24.855	3	0
Waru	65.512	8	0
Gedangan	39.235	5	0
Taman	56.968	7	0
Krian	30.455	4	0
Balong Bendo	17.095	2	1
Jumlah	515.457	62	6

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Penyebaran kuisioner dilakukan pada setiap Kecamatan di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Jumlah kuisioner yang disebarkan untuk setiap Kecamatan sesuai dengan perhitungan jumlah sampel pada Tabel 3.2. Jumlah total kuisioner yang disebarkan sebanyak 68 kuisioner di Kabupaten Sidoarjo. Dilakukan pengamatan awal secara langsung bagaimana kondisi eksisting di masing-masing Kecamatan. Hal tersebut dilakukan untuk mengantisipasi terbatasnya jumlah rumah untuk setiap klasifikasi. Penyebaran kuisioner dilakukan pada waktu pagi atau sore hari sehingga diharapkan tidak mengganggu aktivitas responden.

Tabel 3.3 Rancangan Kuisisioner

KUISIONER		
Tanggal survey	:	
Nama	:	
Alamat	:	
Jumlah Penghuni	:	Orang
Pekerjaan Kepala Keluarga	:	
Pendapatan Pokok Per Bulan	:	< 2,5 juta/bulan <input type="checkbox"/>
	:	> 2,55 juta/bulan <input type="checkbox"/>
Penggunaan Bahan Bakar	:	LPG <input type="checkbox"/>
	:	Minyak Tanah <input type="checkbox"/>
	:	Lainnya
Volume Pakai Bahan Bakar (kg/liter/jirigen/tabung)	:	kg
	:	liter
	:	jirigen
	:	tabung
	:	Rupiah
Lama Penggunaan Bahan Bakar (hari/minggu/bulan)	:	hari
	:	minggu
	:	bulan
Pengelolaan sampah	:	Dibakar
	:	Dibuang ke TPA
Apakah bersedia tidak melakukan pembakaran sampah jika ada pelayanan pengangkutan sampah ke TPA	:	
Apakah bersedia penggunaan kayu bakar menjadi LPG	:	

3.3.4 Pengolahan Data Primer dan Sekunder

a. Perhitungan Emisi CO₂ Primer menggunakan faktor emisi default IPCC

Perhitungan tahap pertama emisi CO₂ pada penelitian ini menggunakan pendekatan faktor emisi dan persamaan-persamaan dari IPCC (2006), serta literatur lain yang mendukung. Untuk emisi CO₂ yang berasal dari pemakaian bahan bakar rumah tangga yaitu LPG, minyak maupun kayu bakar yaitu menggunakan persamaan (2.2), (2.3), dan (2.4).

Perhitungan emisi CH₄ pada penelitian ini menggunakan pendekatan faktor emisi dan persamaan-persamaan dari IPCC (2006), dan literatur lain yang mendukung. Untuk emisi CH₄ yang berasal dari timbunan sampah TPA yaitu menggunakan persamaan (2.5), (2.6), dan (2.7).

b. Perhitungan Faktor Emisi Spesifik

Emisi CO₂ hasil perhitungan IPCC menggunakan pendekatan faktor emisi default IPCC digunakan untuk menentukan faktor emisi spesifik menurut jenis rumah, jenis bahan bakar dan sistem pengelolaan sampah permukiman. Faktor emisi spesifik karbon juga ditentukan berdasarkan data yang diperoleh yang diklasifikasikan berdasarkan jumlah rumah tangga menurut status wilayah, penggunaan bahan bakar, dan sistem pengelolaan sampah di TPA.

Berdasarkan data-data yang diperoleh maka akan dihasilkan beberapa alternatif faktor emisi yang diperoleh. Berikut ini adalah alternatif-alternatif faktor emisi yang akan didapatkan dan digunakan untuk melakukan perhitungan ulang emisi di sektor permukiman dan persampahan :

1. Alternatif 1 FES dengan satuan CO₂ /rumah tangga.tahun yang diperoleh dari data jenis bahan bakar dan jumlah unit rumah yang berkontribusi sesuai dengan klasifikasinya
2. Alternatif 2 FES dengan satuan CO₂ /m³sampah.tahun yang diperoleh dari timbunan sampah.
3. Alternatif 3 FES dengan satuan CO₂ /jiwa.tahun yang diperoleh dari jumlah penduduk.

c. Perhitungan emisi CO₂ setiap kecamatan menggunakan faktor emisi spesifik

Perhitungan emisi CO₂ setiap kecamatan dengan menggunakan alternatif-alternatif faktor emisi spesifik yang telah diperoleh sesuai dengan ketersediaan data. Perhitungan emisi di setiap kecamatan dilakukan berdasarkan klasifikasi jumlah rumah tangga menurut status wilayahnya (perdesaan dan perkotaan), sistem pengelolaan sampahnya dan berdasarkan kepadatan di tiap kecamatan.

d. Pemetaan tapak karbon

Pemetaan tapak karbon menggunakan membutuhkan peta bumi di Kabupaten Sidoarjo. Selain itu dibutuhkan data emisi CO₂ yang dihasilkan 18 kecamatan di Kabupaten Sidoarjo sehingga dari pemetaan tersebut dapat diketahui tapak karbon dan kecamatan mana yang menghasilkan emisi CO₂ terbesar di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Pemetaan dilakukan menggunakan data total emisi dari permukiman dan persampahan per Kecamatan. Pemetaan dilakukan dengan cara plotting tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo dan memberikan warna sesuai range terhadap emisi yang dihasilkan.

3.3.5 Analisa dan pembahasan

Analisa dan pembahasan dilakukan setelah pengolahan data primer dan sekunder yang berupa perhitungan emisi CO₂ dan perhitungan faktor emisi spesifik dari sektor permukiman dan persampahan. Analisis dan pembahasan dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah emisi yang dihasilkan di Kabupaten Sidoarjo. Selanjutnya hasil perhitungan emisi menggunakan FES di tiap sektor akan di petakan. Pemetaan dilakukan berdasarkan emisi total dari kedua sektor yaitu permukiman dan persampahan. Selain itu pemetaan juga dilakukan berdasarkan masing-masing sektor yaitu sektor permukiman dan persampahan. Sektor persampahan dipetakan juga berdasarkan sumber sampah untuk mengetahui kecamatan manakan yang menghasilkan emisi terbesar dari sektor persampahan. Pemetaan juga dilakukan berdasarkan kepadatan di tiap kecamatan sehingga dapat diketahui emisi yang dihasilkan per hektar di tiap kecamatan sehingga dapat diketahui kecamatan yang mengasilkan emisi terbesar per hektarnya. Perhitungan emisi termasuk dalam analisis aspek

teknis. Dari hasil perhitungan analisis teknis selanjutnya dilakukan analisis aspek lingkungan dan aspek ekonomi.

3.3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran didapatkan dari hasil analisis data dan pembahasan yang dapat menjawab rumusan dan tujuan dari penelitian ini. Saran dari penelitian ini dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Aspek Teknis

Pada penelitian ini aspek teknis meliputi penentuan faktor emisi spesifik, perhitungan emisi yang dihasilkan dari permukiman dan persampahan., serta beberapa skenario yang divariasikan berdasarkan dengan pertimbangan kondisi di Kabupaten Sidoarjo. Dengan menggunakan skenario akan dapat diketahui jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan serta dapat dibandingkan penurunan emisi dari beberapa skenario yang akan dilakukan.

4.1.1 Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman di Kabupaten Sidoarjo

Emisi CO₂ primer dari kegiatan permukiman yang dianalisis pada penelitian ini adalah emisi CO₂ yang berasal dari penggunaan bahan bakar rumah tangga untuk memasak. Bahan bakar yang digunakan untuk memasak oleh rumah tangga di Kabupaten Sidoarjo terdiri dari LPG (*Liquified Petroleum Gas*), minyak tanah, dan kayu bakar.

4.1.1.1 Emisi CO₂ dari Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak

Data mengenai jumlah rumah tangga yang menggunakan bahan bakar LPG (*Liquid Petroleum Gas*), minyak tanah, dan kayu bakar didapatkan dari data Susenas (2010) yang telah diperbaharui pada tahun 2012. Sedangkan data mengenai jumlah penggunaan bahan bakar didapatkan dari hasil sampling yang dilakukan di beberapa Kecamatan di Sidoarjo. Berdasarkan wilayah hasil survey dan inventarisasi bahan bakar yang dipergunakan di Kabupaten Sidoarjo dilakukan analisis penggunaan bahan bakar berdasarkan status wilayah dan jenis bahan bakar yang dipergunakan.

Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar menggunakan IPCC dengan pendekatan nilai faktor emisi (EF) dan *Net Calorific Volume* (NCV) dari LPG, minyak tanah, dan kayu bakar yang berdasarkan IPCC (2006). Faktor emisi untuk LPG, minyak tanah, dan kayu bakar berturut-turut sebesar 63,1 gr CO₂/MJ,

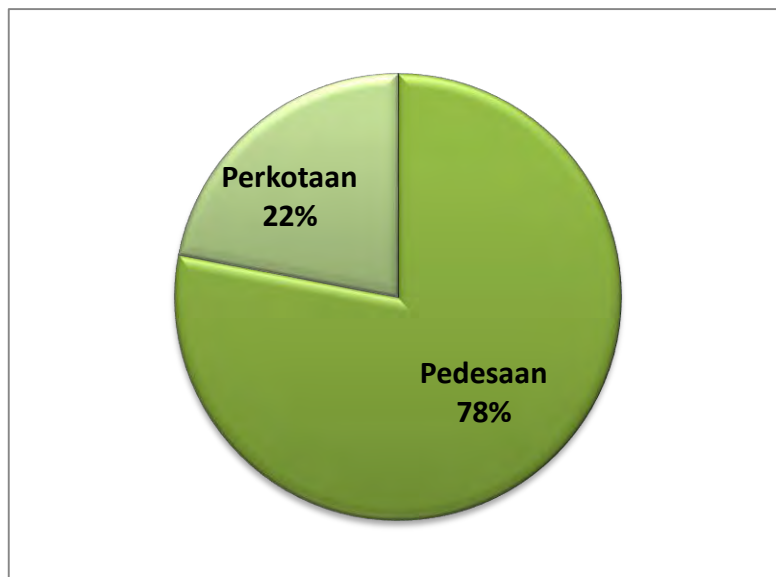
71,9 GR CO₂/MJ, dan 112000 kg CO₂/TJ. Sedangkan nilai NCV untuk LPG, minyak tanah, dan kayu bakar masing-masing sebesar 47,3 MJ/kg, 43,8 MJ/kg, dan 15 TJ/Gg.

Data mengenai jumlah penggunaan bahan bakar berdasarkan jenisnya beserta pengelompokkan atas status wilayah tersaji pada Tabel 4.41. Pada tabel tersebut dapat diketahui perbandingan antara penggunaan jumlah bahan bakar wilayah perkotaan dan perdesaan di Kabupaten Sidoarjo. Prosentase penggunaan bahan bakar di wilayah perdesaan dan perkotaan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Status Wilayah

Status Wilayah	Jumlah Sampel	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)			Total Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (Kg/Bulan)
		LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar		
Perdesaan	21	140,5	67,562	660	868,062	41,336
Perkotaan	62	721,02	0	0	721,02	11,629

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014



Gambar 4.1 Prosentase Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar Tiap Wilayah

Berdasarkan hasil survei didapatkan bahwa terbesar berasal dari wilayah bahan bakar perdesaan dengan prosentase 78%. Sedangkan wilayah perkotaan dalam prosentase rata-rata penggunaan bahan bakar sebesar 22%. Bahan bakar

tersebut merupakan penggunaan bahan bakar untuk memasak. Terjadi perbedaan yang signifikan dikarenakan pola konsumsi bahan bakar di wilayah perdesaan dan perkotaan memiliki perbedaan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya tingkat pendapatan dan pola konsumsi di masing-masing wilayah.

Dari hasil survey didapatkan besarnya penggunaan bahan bakar dari wilayah perdesaan dan perkotaan. Jumlah penggunaan bahan bakar tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar tersebut.

A. Emisi CO₂ dari Penggunaan LPG

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar LPG dari kegiatan memasak rumah tangga dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC *Guidelines* 2006. Faktor emisi yang digunakan adalah pendekatan melalui faktor emisi dan *Net Calorific Volume* (NCV) bahan bakar LPG seperti pada Tabel 2.11. Berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar LPG :

Data responden 1 yang diperoleh dari hasil survei adalah sebagai berikut :

1. Konsumsi LPG = 12 kg/bulan = 144 kg/tahun
2. EF_{LPG} = 63,1 gr/MJ
3. NCV_{LPG} = 47,3 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan persamaan 2.2 untuk bahan bakar LPG.

$$P_{ey} = F_{cy} \times EF_{LPG} \times NCV_{LPG}$$

$$P_{ey} = 144 \text{ kg/tahun} \times 63,1 \text{ gr/MJ} \times 47,3 \text{ MJ/kg}$$

$$P_{ey} = 429786,72 \text{ gr CO}_2/\text{tahun}$$

$$P_{ey} = 0,4298 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG untuk 1 sampel rumah di wilayah perdesaan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 0,4298 ton CO₂ /tahun. Berdasarkan data survei diperoleh jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG di wilayah perkotaan dengan jumlah sampel 62 rumah adalah sebesar 25,824 ton CO₂ /tahun. Sedangkan untuk wilayah perdesaan dengan jumlah sampel 14 menghasilkan emisi sebesar 5,032 ton CO₂ /tahun. Dari hasil perhitungan emisi CO₂ penggunaan LPG menggunakan faktor

emisi default, maka didapatkan faktor emisi spesifik yang diperoleh dari penggunaan LPG. Perhitungan FES untuk LPG dibedakan berdasarkan wilayah sehingga diperoleh FES LPG perdesaan dan FES LPG perkotaan. Berikut ini merupakan perhitungan FES untuk LPG :

1. LPG Perdesaan

Emisi CO₂ dari penggunaan LPG perdesaan = 5,032 ton CO₂/tahun

Jumlah sampel perdesaan = 14 rumah tangga

$$\begin{aligned} \text{FES LPG Perdesaan} &= \frac{\text{Emisi ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{jumlah sampel LPG pedesaan}} \\ &= \frac{5,032 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{14 \text{ rumah tangga}} \end{aligned}$$

FES LPG Perdesaan = 0,3594 ton CO₂/rumah tangga.tahun

2. LPG Perdesaan

Emisi CO₂ dari penggunaan LPG perdesaan = 25,824 ton CO₂/tahun

Jumlah sampel perdesaan = 62 rumah tangga

$$\begin{aligned} \text{FES LPG Perdesaan} &= \frac{\text{Emisi ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{jumlah sampel LPG pedesaan}} \\ &= \frac{25,824 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{62 \text{ rumah tangga}} \end{aligned}$$

FES LPG Perdesaan = 0,4165 ton CO₂/tahun

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan LPG di Kecamatan Waru yaitu sebesar 23.290,037 ton CO₂ /tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Waru sebagai penyumbang emsii terbesar turut menyumbangkan 12,6% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan LPG di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah pengguna LPG di Kecamatan Waru terbesar dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.2 Emisi CO₂ dari Penggunaan LPG di Tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Pengguna LPG	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	14.828	5.752,87
2	Prambon	16.955	6.578,09
3	Krembung	13.198	5.120,47
4	Porong	14.630	5.676,05
5	Jabon	11.181	4.337,93
6	Tanggulangun	19.668	7.630,66
7	Candi	35.553	13.793,61
8	Tulangan	21.401	8.303,02
9	Wonoayu	17.057	6.617,66
10	Sukodono	27.072	10.503,21
11	Sidoarjo	47.033	18.247,55
12	Buduran	23.604	9.157,72
13	Sedati	22.723	8.815,92
14	Waru	60.030	23.290,04
15	Gedangan	35.815	13.895,26
16	Taman	53.102	20.602,16
17	Krian	28.122	10.910,59
18	Balong Bendo	15.312	5.940,65
Jumlah		477.284	185.173,44

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

B. Emisi CO₂ dari Penggunaan Minyak Tanah

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar minyak tanah dari kegiatan memasak rumah tangga dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines 2006. Faktor emisi yang digunakan adalah pendekatan melalui faktor emisi dan *Net Calorific Volume* (NCV) bahan bakar minyak tanah seperti pada Tabel 2.12. Berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar minyak tanah :

Data responden 1 di wilayah Perdesaan yang diperoleh dari hasil survei adalah sebagai berikut :

1. Konsumsi minyak tanah = 24,9 kg/bulan = 298,8 kg/tahun
2. EF_{minyak tanah} = 71,9 gr/MJ
3. NCV_{minyak tanah} = 43,8 MJ/kg

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan persamaan 2.3 untuk bahan bakar Minyak Tanah.

$$Bey = Fcy \times EF_{\text{minyak tanah}} \times NCV_{\text{minyak tanah}}$$

$$Bey = 72 \text{ kg/tahun} \times 63,1 \text{ gr/MJ} \times 43,8 \text{ MJ/kg}$$

$$Bey = 940986,9 \text{ gr CO}_2/\text{tahun}$$

$$Bey = 0,9410 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa penggunaan bahan bakar minyak tanah untuk 1 sampel rumah menghasilkan emisi CO₂ sebesar 0,9410 ton CO₂ /tahun. Berdasarkan data survei diperoleh jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar minyak tanah dengan jumlah sampel 3 rumah adalah sebesar 2,553 ton CO₂ /tahun. Dari hasil perhitungan emisi CO₂ penggunaan minyak tanah menggunakan faktor emisi default, maka didapatkan faktor emisi spesifik yang diperoleh dari penggunaan minyak tanah. Berikut ini merupakan perhitungan FES untuk minyak tanah :

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ dari penggunaan minyak tanah} = 2,553 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{Jumlah sampel pengguna minyak tanah} = 3 \text{ rumah tangga}$$

$$\begin{aligned} \text{FES minyak tanah} &= \frac{\text{Emisi ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{jumlah sampel minyak tanah}} \\ &= \frac{2,553 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{3 \text{ rumah tangga}} \end{aligned}$$

$$\text{FES minyak tanah} = 0,851 \text{ ton CO}_2/\text{rumah tangga.tahun}$$

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar minyak tanah untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.3. Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan minyak tanah di Kecamatan Waru yaitu sebesar 1.798,31 ton CO₂ /tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Waru sebagai penyumbang emsii terbesar turut menyumbangkan 15,5% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan minyak tanah di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah pengguna minyak tanah di Kecamatan Waru terbesar dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.3 Emisi CO₂ dari Penggunaan Minyak Tanah di Tiap Kecamatan

No.	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Pengguna Minyak tanah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	284	241,7
2	Prambon	293	249,36
3	Krembung	431	366,81
4	Porong	498	423,83
5	Jabon	257	218,73
6	Tanggulangun	349	297,02
7	Candi	1.095	931,92
8	Tulangan	289	245,96
9	Wonoayu	302	257,02
10	Sukodono	584	497,03
11	Sidoarjo	1.776	1.511,50
12	Buduran	500	425,54
13	Sedati	814	692,77
14	Waru	2.113	1.798,31
15	Gedangan	898	764,26
16	Taman	1.652	1.405,97
17	Krian	1.021	868,94
18	Balong Bendo	518	440,85
Jumlah		13.674	11.637,54

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

C. Emisi CO₂ dari Penggunaan Kayu Bakar

Emisi CO₂ penggunaan bahan bakar kayu bakar dari kegiatan memasak rumah tangga dihitung dengan menggunakan metode perhitungan IPCC Guidelines 2006. Faktor emisi yang digunakan adalah pendekatan melalui faktor emisi dan Net Calorific Volume (NCV) bahan bakar LPG seperti pada Tabel 2.13. Berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar LPG :

Data responden 1 di wilayah Perdesaan yang diperoleh dari hasil survei adalah sebagai berikut :

1. Konsumsi LPG = 150 kg/bulan = 1800 kg/tahun
2. EF_{kayu} = 112 gr/MJ

$$3. \text{ NCV}_{\text{kayu}} = 15 \text{ MJ/kg}$$

Perhitungan emisi CO₂ menggunakan persamaan 2.4 untuk bahan bakar kayu.

$$\text{Cey} = \text{Fcy} \times \text{EF}_{\text{kayu}} \times \text{NCV}_{\text{kayu}}$$

$$\text{Cey} = 1800 \text{ kg/tahun} \times 112 \text{ gr/MJ} \times 15 \text{ MJ/kg}$$

$$\text{Cey} = 3024000 \text{ gr CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{Cey} = 3.024 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa penggunaan bahan bakar kayu untuk 1 sampel rumah menghasilkan emisi CO₂ sebesar 3.024 ton CO₂ /tahun. Berdasarkan data survei diperoleh jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar kayu dengan jumlah sampel 4 rumah adalah sebesar 13,3 ton CO₂ /tahun. Dari hasil perhitungan emisi CO₂ penggunaan kayu bakar menggunakan faktor emisi default, maka didapatkan faktor emisi spesifik yang diperoleh dari penggunaan kayu bakar. Berikut ini merupakan perhitungan FES untuk kayu bakar :

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ dari penggunaan kayu bakar} = 13,31 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{Jumlah sampel pengguna kayu bakar} = 4 \text{ rumah tangga}$$

$$\begin{aligned} \text{FES kayu bakar} &= \frac{\text{Emisi ton CO}_2/\text{tahun}}{\text{jumlah sampel pengguna kayu bakar}} \\ &= \frac{13,31 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{4 \text{ rumah tangga}} \end{aligned}$$

$$\text{FES kayu bakar} = 3,326 \text{ ton CO}_2/\text{rumah tangga.tahun}$$

Data selengkapnya mengenai emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar kayu untuk tiap Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.4. Dari Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari penggunaan kayu bakar di Kecamatan Tarik yaitu sebesar 2.957,17 ton CO₂ /tahun. Emisi CO₂ dari Kecamatan Tarik sebagai penyumbang emisi terbesar turut menyumbangkan 11,3% emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan kayu bakar di Kabupaten

Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah pengguna kayu bakar di Kecamatan Tarik terbesar dibandingkan dengan Kecamatan lain di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.4 Emisi CO₂ dari Penggunaan Kayu Bakar di Tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Pengguna Kayu Bakar	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	889	2.957,17
2	Prambon	685	2.278,58
3	Krembung	887	2.950,52
4	Porong	542	1.802,91
5	Jabon	809	2.691,06
6	Tanggulangin	195	648,65
7	Candi	255	848,23
8	Tulangan	494	1.643,24
9	Wonoayu	501	1.666,53
10	Sukodono	431	1.433,68
11	Sidoarjo	235	781,7
12	Buduran	149	495,63
13	Sedati	101	335,97
14	Waru	126	419,13
15	Gedangan	107	355,92
16	Taman	262	871,52
17	Krian	378	1.257,38
18	Balong Bendo	848	2.820,79
Jumlah		7.894	26.258,60

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

4.1.1.2 Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Permukiman di Tiap kecamatan

Dari hasil inventarisasi data di Kabupaten Sidoarjo didapatkan data mengenai jumlah rumah di wilayah perkotaan dan perdesaan yang menggunakan bahan bakar LPG, minyak tanah, dan kayu bakar. Dari data tersebut bisa diperoleh alternatif faktor emisi spesifik penggunaan bahan bakar berdasarkan status wilayahnya yaitu perkotaan dan perdesaan.

A. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Permukiman di Tiap kecamatan Wilayah Perkotaan

Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan penggunaan bahan bakar di wilayah Perkotaan :

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /rumah tangga.tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2 \text{ /tahun}}{\text{pengguna BB perkotaan rumah tangga}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /m}^3 \text{ .tahun)} = \frac{25.8237 \text{ ton CO}_2 \text{ /tahun}}{62 \text{ rumah tangga}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /rumah tangga.tahun)} = 0.4165 \text{ ton CO}_2 \text{ /rumah tangga.tahun}$$

Hasil Perhitungan faktor emisi spesifik penggunaan bahan bakar dan emisi CO₂ tiap kecamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar di Perkotaan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Faktor Emisi (ton CO ₂ /rumah tangga.tahun)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	8.953	0,4165	3.729,03
2	Prambon	13.931	0,4165	5.802,43
3	Krembung	12.105	0,4165	5.041,88
4	Porong	12.435	0,4165	5.179,32
5	Jabon	7.820	0,4165	3.257,12
6	Tanggulangun	18.876	0,4165	7.862,08
7	Candi	35.867	0,4165	14.939,03
8	Tulangan	21.690	0,4165	9.034,14
9	Wonoayu	15.722	0,4165	6.548,40
10	Sukodono	26.944	0,4165	11.222,50
11	Sidoarjo	50.524	0,4165	21.043,85
12	Buduran	22.060	0,4165	9.188,25
13	Sedati	22.898	0,4165	9.537,29
14	Waru	64.925	0,4165	27.042,03
15	Gedangan	39.235	0,4165	16.341,84
16	Taman	56.968	0,4165	23.727,85
17	Krian	27.624	0,4165	11.505,72
18	Balong Bendo	13.789	0,4165	5.743,28
Jumlah		472.366	0,4165	196.746,04

Sumber: Hasil Perhitungan

B. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Permukiman di Tiap kecamatan Wilayah Perdesaan

Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan penggunaan bahan bakar di wilayah Perdesaan

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /rumah tangga.tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2\text{/tahun}}{\text{pengguna BB perkotaan rumah tangga}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /m}^3\text{.tahun)} = \frac{20.8909 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}}{21 \text{ rumah tangga}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /rumah tangga.tahun)} = 0.995 \text{ ton CO}_2 \text{ /rumah tangga.tahun}$$

Hasil Perhitungan faktor emisi spesifik penggunaan bahan bakar dan emisi CO₂ tiap kecamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar di Perdesaan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Faktor Emisi (ton CO ₂ /unit. tahun)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	7.327	0,995	7.288,93
2	Prambon	4.259	0,995	4.236,87
3	Krembung	2.641	0,995	2.627,28
4	Porong	3.508	0,995	3.489,78
5	Jabon	4.706	0,995	4.681,55
6	Tanggulangin	1.741	0,995	1.731,96
7	Candi	1.708	0,995	1.699,13
8	Tulangan	876	0,995	871,449
9	Wonoayu	2.405	0,995	2.392,51
10	Sukodono	1.761	0,995	1.751,85
11	Sidoarjo	0	0,995	0
12	Buduran	3.478	0,995	3.459,93
13	Sedati	1.957	0,995	1.946,83
14	Waru	587	0,995	583,95
15	Gedangan	0	0,995	0
16	Taman	0	0,995	0
17	Krian	2.831	0,995	2.816,29
18	Balong Bendo	3.306	0,995	3.288,82
Jumlah		43.091	0,995	42.867,13

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

4.1.1.3 Total Emisi CO₂ Permukiman di Tiap kecamatan Kabupaten

Sidoarjo

Dari hasil perhitungan emisi di wilayah Perkotaan dan Perdesaan maka dilakukan penjumlahan emisi CO₂ dari kedua wilayah tersebut. Dari total emisi CO₂ yang diperoleh maka dapat diketahui Kecamatan manakah yang menyumbangkan emisi CO₂ terbesar di Kabupaten Sidoarjo. Hasil perhitungan total emisi CO₂ tiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo
Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar

No	Nama Kecamatan	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
		Perkotaan	Perdesaan	
1	Tarik	3.729,03	7.288,93	11.017,96
2	Prambon	5.802,43	4.236,87	10.039,30
3	Krembung	5.041,88	2.627,28	7.669,16
4	Porong	5.179,33	3.489,78	8.669,10
5	Jabon	3.257,12	4.681,55	7.938,67
6	Tanggulain	7.862,08	1.731,96	9.594,03
7	Candi	14.939,03	1.699,13	16.638,16
8	Tulangan	9.034,14	871,449	9.905,59
9	Wonoayu	6.548,40	2.392,51	8.940,91
10	Sukodono	11.222,50	1.751,85	12.974,35
11	Sidoarjo	21.043,85	0	21.043,85
12	Buduran	9.188,25	3.459,93	12.648,18
13	Sedati	9.537,29	1.946,83	11.484,12
14	Waru	27.042,03	583,95	27.625,98
15	Gedangan	16.341,84	0	16.341,84
16	Taman	23.727,85	0	23.727,85
17	Krian	11.505,72	2.816,29	14.322,02
18	Balong Bendo	5.743,28	3.288,82	9.032,11
Jumlah		196.746,04	42.867,13	239.613,17

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Pada Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa total emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak di Kabupaten Sidoarjo adalah sebesar 239.613,166 ton CO₂/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan total emisi CO₂ di tiap

Kecamatan dapat diketahui bahwa Kecamatan Waru merupakan penyumbang emisi terbesar di Kabupaten Sidoarjo. Pada tahun 2012 Kecamatan Waru turut menyumbangkan emisi CO₂ sebesar **27.625,983** ton CO₂/tahun atau sebesar 11,53% dari total emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar di Kabupaten Sidoarjo.

Berdasarkan hasil perhitungan dan inventarisasi data yang telah dilakukan maka didapatkan faktor emisi spesifik dari penggunaan bahan bakar permukiman di Kabupaten Sidoarjo. Pada Tabel 4.8 dapat lihat faktor emisi spesifik yang didapatkan dari penggunaan bahan bakar permukiman.

Tabel 4.8. Faktor Emisi Spesifik Penggunaan Bahan Bakar Permukiman

Status Wilayah	Faktor Emisi Spesifik
	ton CO ₂ / rumah tangga.tahun
Perkotaan	0,4165
Perdesaan	0.995

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan hasil perhitungan faktor emisi spesifik pada Tabel 4.8 menunjukkan nilai faktor emisi spesifik dari perdesaan lebih besar bila dibandingkan dengan perkotaan. Hal tersebut dikarenakan rumah tangga di perdesaan terdapat rumah tangga yang menggunakan kayu bakar dan minyak tanah sebagai bahan bakar untuk memasak. Meskipun jumlah rumah tangga perdesaan lebih sedikit dibandingkan dengan perkotaan tetapi emisi yang dihasilkan kayu bakar dan minyak tanah lebih besar dibandingkan dengan LPG sehingga faktor emisi spesifik dari perdesaan lebih besar. Emisi kayu bakar lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar lainnya dikarenakan faktor emisi dari kayu bakar lebih besar dari LPG, dan minyak tanah. Faktor emisi tersebut dipengaruhi oleh nilai kalor dari masing-masing bahan bakar. Nilai kalor dari kayu bakar lebih rendah dibandingkan dengan nilai kalor LPG dan minyak tanah. Nilai kalor berpengaruh pada efisiensi pembakaran, nilai kalor yang tinggi akan membuat pembakaran menjadi efisien sehingga bahan bakar yang dibutuhkan lebih sedikit (Jamilatun, 2011).

Selain itu kandungan karbon dari kayu bakar lebih rendah dibandingkan dengan LPG dan minyak tanah hanya sebesar 47,7 %C. Kadar karbon terikat mempengaruhi nilai kalor, semakin tinggi kadar karbon terikat akan semakin tinggi pula nilai kalornya, karena setiap ada reaksi oksidasi menghasilkan nilai kalor (onu, F. at al., 2010).

4.1.2 Emisi yang Dihasilkan dari Persampahan

4.1.2.1 Emisi dari Sampah yang dibuang ke TPA

A. Emisi Gas Metana (CH₄)

Jumlah emisi gas metana (CH₄) dari sampah yang masuk ke TPA Jabon dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Emisi (CH}_4\text{)} = \left(MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{2} - R \right) \times (1 - OX)$$

MSW_F = presentase sampah yang masuk ke TPA

$$MSW_F = \frac{\text{Total berat sampah yang dibuang ke TPA}}{\text{Berat total sampah yang dihasilkan}} \times 100\%$$

Total sampah yang dibuang ke TPA adalah berat sampah dari penduduk yang terlayani oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan. Jumlah sampah yang masuk ke TPA per Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Jumlah Sampah yang Masuk ke TPA

No	Kecamatan/ Desa	Jumlah Penduduk Administrasi Tahun 2012	Jumlah Penduduk Pelayanan	Sampah terangkut ke TPA (m ³ /hari)	Sampah terangkut ke TPA (kg/tahun)	Sampah terangkut ke TPA (Gg/tahun)
1	Sidoarjo	206.910	43.508	141,4	12.747.917	12,748
2	Candi	144.465	18.625	60,53	5.457.082	5,457
3	Tanggulangin	106.313	6.332	20,58	1.855.390	1,855
4	Porong	89.654	11.077	36	3.245.580	3,246
5	Waru	223.697	13.169	42,8	3.858.634	3,859
6	Sedati	96.204	7.692	25	2.253.875	2,254
7	Gedangan	123.492	38.689	125,74	11.336.090	11,336
8	Buduran	94.137	8.178	26,58	2.396.320	2,396
9	Taman	214.356	27.077	88	7.933.640	7,934
10	Sukodono	114.070	4.615	15	1.352.325	1,352

No	Kecamatan/ Desa	Jumlah Penduduk Administrasi Tahun 2012	Jumlah Penduduk Pelayanan	Sampah terangkut ke TPA (m ³ /hari)	Sampah terangkut ke TPA (kg/tahun)	Sampah terangkut ke TPA (Gg/tahun)
11	Krian	122.386	20.615	67	6.040.385	6,04
12	Prambon	78.085	308	1	90.155	0,09
13	Krembung	69.268	526	1,71	154.165	0,154
14	Tulangan	91.721	1.846	6	540.930	0,541
Jumlah		1.774.758	202.258	657	59.262.488	59,262

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

$$MSW_F = \frac{59,262}{601.694} \times 100\% = 9,85 \% = 0,0985$$

MCF = faktor koreksi metana sebesar 0,4 dikarenakan TPA Jabon termasuk tidak terkelola dengan ketinggian sampah < 5 m.

$$DOC = \sum i (DOC_i \times W_i)$$

DOC = Fraksi degradable organic carbon pada sampah bulk, Ggram
C/Gram sampah

DOC_i = Fraksi degradable organic carbon pada komponen sampah i (nilai
DOC_i dapat dilihat pada Tabel 2.14)

W_i = Fraksi komponen sampah jenis i (basis berat basah)

DOC_F = Fraksi DOC (0,5 berdasarkan IPCC)

F = Fraksi dari CH₄ dari TPA (0,5 berdasarkan IPCC)

R = Recovey CH₄ (0 dikarenakan pada TPA Jabon belum memiliki alat
pengolahan gas metan)

OX = Fraksi oksidasi (0 bersasarkan IPCC)

Pada Tabel 4.10 disajikan hasil dari perhitungan DOC berdasarkan
komposisi sampah di Kabupaten Sidoarjo

Tabel. 4.10 Perhitungan Nilai DOC_i

No	Jenis Sampah	W _i	DOC _i	DOC
1	Sampah Makanan	65	0,15	0,0975
2	Plastik	15,5	0	0
3	Kertas	5,3	0,4	0,0212

No	Jenis Sampah	Wi	DOCi	DOC
4	Diapers	0	0,24	0
5	Logam	1,5	0	0
6	Kayu	2,7	0,43	0,01161
7	Kain	4,5	0,24	0,0108
8	Kaca	0,5	0	0
9	Karet dan kulit	0,19	0,39	0,000741
10	Lain-lain	4,81	0	0
Jumlah				0,142

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi (CH}_4\text{)} &= \left(MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times DOCF \times F \times \frac{16}{2} - R \right) \times (1 - OX) = \\
 &= (601.694 \times 0.0985 \times 0,4 \times 0.142 \times 0.5 \times 0.5 \times \frac{16}{12} \times 0 - 0) \times (1 - 0) \\
 &= 1,12 \text{ Gg/tahun} \\
 &= 1121 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi (CO}_2\text{)} &= \text{Emisi metana} \times 25 \\
 &= 1121 \text{ ton/tahun} \times 25 \\
 &= 28021 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan IPCC (2006) didapatkan bahwa dari TPA Jabon yang beroperasi di Kabupaten Sidoarjo menghasilkan emisi sebesar 23538 ton CO₂/tahun. Emisi tersebut merupakan emisi yang dihasilkan dari kegiatan penimbunan sampah di TPA pada tahun 2012.

4.1.2.2 Emisi dari Pembakaran Sampah (Open Burning)

Emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah berupa gas CO₂, CH₄, dan N₂O. Emisi CH₄, dan N₂O akan di ekivalenkan menjadi gas CO₂ berdasarkan IPCC Guidliness (2006).

A. Emisi CO₂

Jumlah emisi CO₂ dari sampah proses pembakaran sampah yang dilakukan oleh penduduk di Kabupaten Sidoarjo dihitung berdasarkan IPCC (2006) dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Emisi CO}_2 = MSW \times \sum_j (WF_j \times dm_j \times CF_j \times FCF_j \times OF_j) \times \frac{44}{12}$$

MSW = Jumlah total dari limbah padat sebagai berat basah pembakaran terbuka
(Ggram/tahun)

WFj = fraksi tipe limbah dari komponen j dalam MSW

Dmj = kandungan zat kering dalam komponen j pada MSW pembakaran terbuka
(nilai Dmj dapat dilihat pada Tabel 2.17)

CCFj = fraksi karbon dalam bahan kering (kandungan karbon) pada komponen j
(dapat dilihat pada Tabel 2.18)

FCFj = fraksi fosil karbon dalam total karbon pada komponen j (dapat dilihat pada
Tabel 2.19)

Ofj = faktor oksidasi, (fraksi 0.58)

44/12 = faktor konfersi dari C ke CO₂

J = komponen dari MSW pembakaran terbuka (kertas, tekstil, sisa makanan, kayu,
limbah kebun dan taman, diapers, plastic, karet, logam, kaca)

Masih sedikitnya penduduk yang terlayani pengangkutan sampah oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut mengakibatkan banyaknya penduduk yang melakukan pembakaran sampah karena didaerah tempat tinggalnya belum ada pelayanan penganggkutan sampah. Jumlah sampah yang dibakar per Kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Jumlah Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar di Kabupaten
Sidoarjo

No	Kecamatan	Timbulan (m3/hari)	Masuk ke TPA (m3/hari)	Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (m3/hari)	Sisa Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (kg/tahun)	Sisa Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (Gg/tahun)
1	Sidoarjo	672,46	141,4	525,75	47.398.937,16	47,4
2	Buduran	305,95	26,57	276,59	24.935.628,86	24,94
3	Candi	469,51	60,53	404,89	36.502.875,98	36,5
4	Porong	291,38	36	252,83	22.793.546,06	22,79
5	Krembung	225,12	1,71	221,18	19.940.113,26	19,94
6	Tulangan	298,09	6	289,17	26.070.040,21	26,07
7	Tanggulangin	354,52	20,57	330,61	29.806.189,63	29,81

No	Kecamatan	Timbulan (m3/hari)	Masuk ke TPA (m3/hari)	Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (m3/hari)	Sisa Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (kg/tahun)	Sisa Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (Gg/tahun)
8	Jabon	190,33	0	188,43	16.987.609,14	16,99
9	Krian	397,75	67	327,44	29.520.578,59	29,52
10	Balongbendo	237,36	0	234,99	21.185.198,89	21,19
11	Wonoayu	261,37	0	258,76	23.328.174,23	23,33
12	Tarik	216,76	0	214,59	19.346.577,82	19,35
13	Prambon	253,78	1	250,25	22.561.487,09	22,56
14	Taman	696,66	88	602,57	54.325.004,88	54,33
15	Waru	727,02	42,8	677,38	61.068.995,56	61,07
16	Gedangan	401	125,74	272,51	24.567.904,65	24,57
17	Sedati	312,66	25	284,78	25.674.647,43	25,67
18	Sukodono	371	15	352,44	31.774.228,20	31,77
Jumlah		6.682,72	657,32	5.965,15	537.787.737,63	537,79

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Pada Tabel 4.12 disajikan hasil dari perhitungan DOC berdasarkan komposisi sampah di Kabupaten Sidoarjo

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Nilai Dmj, CCFj, FCFj

No	Jenis Sampah	A	B	C	D	E	AxBxCxDxE
		WFj	Dm	CCF	FCF	OF	
1	Sampah Makanan	0,65	0,4	0,15	0	0,58	0
2	Plastik	0,155	1	0	1	0,58	0
3	Kertas	0,053	0,9	0,4	0,01	0,58	0,000111
4	Logam	0,015	1	0	0	0,58	0
5	Kayu	0,027	0,85	0,43	0	0,58	0
6	Kain	0,045	0,8	0,24	0,2	0,58	0,001002
7	Kaca	0,005	1	0	0	0,58	0
8	Karet dan kulit	0,0019	0,84	0,39	0,2	0,58	7,22E-01
9	Lain-lain	0,0481	0	0	1	0,58	0
Jumlah							0,001185

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{MSW} \times \sum_j (\text{WF}_j \times \text{dm}_j \times \text{CF}_j \times \text{FCF}_j \times \text{OF}_j) \times \frac{44}{12}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 537,79 \times 0,001185107 \times \frac{44}{12}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 2,337 \text{ Ggram CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{Emisi CO}_2 = 2.337 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

B. Emisi CH₄

Selain emisi CO₂ proses pembakaran sampah atau *open burning* juga menghasilkan emisi gas metan. Perhitungan emisi CH₄ dari pembakaran limbah secara terbuka (sampah) berdasarkan IPCC (2006) menggunakan perhitungan seperti di bawah ini :

$$\text{Emisi CH}_4 = \text{MSW} \times \text{Faktor emisi metan}$$

$$\text{Faktor Emisi Metan} = 6.500 \text{ kg/Ggram MSW}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 537,79 \text{ Ggram/tahun} \times 6500 \text{ kg/Ggram MSW}$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 3,496 \text{ Ggram CH}_4/\text{tahun}$$

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ ekivalen} = 3,496 \text{ Ggram CH}_4/\text{tahun} \times 25 = 87.391 \text{ Ggram CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ ekivalen} = 87.391 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun}$$

C. Emisi N₂O

Selain emisi CO₂ dan CH₄ proses pembakaran sampah atau *open burning* juga menghasilkan emisi berupa gas N₂O. Perhitungan emisi N₂O dari pembakaran limbah secara terbuka (sampah) berdasarkan IPCC (2006) menggunakan perhitungan seperti di bawah ini :

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \text{MSW} \times \text{Faktor emisi N}_2\text{O}$$

$$\text{Faktor Emisi Metan} = 150 \text{ kg N}_2\text{O/Ggram Dry Waste}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 537,79 \text{ Ggram/tahun} \times 150 \text{ kg N}_2\text{O/Ggram Dry Waste}$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 0,0807 \text{ Ggram N}_2\text{O/tahun}$$

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ ekivalen} = 0,0807 \text{ Ggram N}_2\text{O/tahun} \times 310$$

$$= 25,007 \text{ Ggram CO}_2/\text{tahun} = 25.007 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun}$$

Tabel 4.13. Emisi CO₂ yang Dihasilkan Dari Pembakaran Sampah

Jenis Emisi	Emisi (ton/tahun)	Emisi Ton CO ₂ /tahun
CO ₂	2.337	2.337
CH ₄	3.496	87.391
N ₂ O	81	25.007
Jumlah		114.735

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Dari emisi CO₂, CH₄ dan N₂O yang dihasilkan dari proses pembakaran sampah maka diakumulasikan untuk mengetahui jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan. Pada Tabel 4.13 tersaji CO₂ dan CO₂ ekivalen yang dihasilkan dari proses pembakaran sampah. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa dari kegiatan pembakaran sampah yang dilakukan di Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2012 menghasilkan emisi CO₂ sebesar 114.735 Ton CO₂/tahun.

4.1.2.3 Faktor Emisi dan Emisi CO₂ Tiap Kecamatan yang Dihasilkan dari Kegiatan Pembakaran Sampah Serta Pembuangan Sampah di TPA

A. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi Sampah TPA tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Timbulan Sampah

Alternatif pertama faktor emisi spesifik diperoleh berdasarkan jumlah timbulan sampah terangkut ke TPA yang berasal dari sampah domestik permukiman. Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan jumlah timbulan sampah TPA :

$$\text{FES (ton CO}_2\text{ /m}^3\text{ tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2\text{/tahun}}{\text{Timbulan sampah domestik TPA m}^3\text{/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2\text{ /m}^3\text{ tahun)} = \frac{28021 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}}{657,34 \text{ m}^3\text{/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2\text{ /m}^3\text{ tahun)} = 0,1168 \text{ ton CO}_2\text{ /m}^3\text{ tahun}$$

Tabel 4.14. Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo
Berdasarkan Jumlah Timbunan Sampah TPA

No	Kecamatan/Desa	Sampah terangkut ke TPA (m ³ /hari)	Sampah terangkut ke TPA (m ³ /tahun)	Emisi CO ₂ /tahun	FES (ton CO ₂ / m ³ .tahun)	Emisi CO ₂ /tahun
1	Kecamatan Sidoarjo	141,4	51.611	28.021,48	0,1168	6.027,68
2	Kecamatan Candi	60,53	22.093	28.021,48	0,1168	2.580,31
3	Kecamatan Tanggulangin	20,58	7.512	28.021,48	0,1168	877,30
4	Kecamatan Porong	36	13.140	28.021,48	0,1168	1.534,63
5	Kecamatan Waru	42,8	15.622	28.021,48	0,1168	1.824,50
6	Kecamatan Sedati	25	9.125	28.021,48	0,1168	1.065,71
7	Kecamatan Gedangan	125,74	45.895	28.021,48	0,1168	5.360,12
8	Kecamatan Buduran	26,58	9.702	28.021,48	0,1168	1.133,07
9	Kecamatan Taman	88	32.120	28.021,48	0,1168	3.751,32
10	Kecamatan Sukodono	15	5.475	28.021,48	0,1168	639,43
11	Kecamatan Krian	67	24.455	28.021,48	0,1168	2.856,12
12	Kecamatan Prambon	1	365	28.021,48	0,1168	42,63
13	Kecamatan Krembung	1,71	624	28.021,48	0,1168	72,89
14	Kecamatan Tulangan	6	2.190	28.021,48	0,1168	255,77
Jumlah		657,34	239.929	28.021,48	0,1168	28.021,48

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan Tabel 4.14 yang menunjukkan emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari Kecamatan Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah timbunan terbesar berasal dari Kecamatan Sidoarjo. Semakin banyaknya timbunan sampah maka semakin besar pula emisi CO₂ ekivalen yang dihasilkan.

B. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi Sampah TPA tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Jumlah Penduduk yang Terlayani

Alternatif kedua faktor emisi spesifik diperoleh berdasarkan jumlah penduduk yang terlayani pengangkutan sampah ke TPA yang berasal dari sampah domestik permukiman. Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan jumlah penduduk yang terlayani pengangkutan sampah ke TPA :

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /jiwa.tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2\text{/tahun}}{\text{Jumlah penduduk terlayani jiwa/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /jiwa.tahun)} = \frac{28021,48 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}}{202258 \text{ jiwa/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /jiwa.tahun)} = 0,13854 \text{ ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun}$$

Tabel 4.15. Hasil perhitungan Emisi tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo
Berdasarkan Jumlah Penduduk Terlayani

No	Kecamatan/Desa	Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)	Emisi ton CO ₂ /tahun	FES (ton CO ₂ / jiwa.tahun)	Emisi ton CO ₂ /tahun
1	Kecamatan Sidoarjo	43.508	28.021,48	0,1385	6.027,68
2	Kecamatan Candi	18.625			2.580,31
3	Kecamatan Tanggulangin	6.332			877,30
4	Kecamatan Porong	11.077			1.534,63
5	Kecamatan Waru	13.169			1.824,50
6	Kecamatan Sedati	7.692			1.065,71
7	Kecamatan Gedangan	38.689			5.360,12
8	Kecamatan Buduran	8.178			1.133,07
9	Kecamatan Taman	27.077			3.751,32
10	Kecamatan Sukodono	4.615			639,43
11	Kecamatan Krian	20.615			2.856,12
12	Kecamatan Prambon	308			42,63
13	Kecamatan Krembung	526			72,89
14	Kecamatan Tulangan	1.846			255,77
Jumlah		202.258	28.021,48	0,1385	28.021,48

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan Tabel 4.15 yang menunjukkan emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari Kecamatan Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk terlayani terbanyak berasal dari Kecamatan Sidoarjo dengan prosentase 22% dari total penduduk yang terlayani. Semakin jumlah penduduk yang terlayani maka semakin besar pula emisi CO₂ ekivalen yang dihasilkan.

C. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi Pembakaran Sampah tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Timbulan Sampah yang Dibakar

Alternatif kedua faktor emisi spesifik diperoleh berdasarkan jumlah timbulan sampah yang dibakar yang berasal dari sampah domestik permukiman. Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan jumlah timbulan sampah yang dibakar :

$$\text{FES (ton CO}_2\text{/m}^3\text{ tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2\text{/tahun}}{\text{Timbulan sampah yang dibakar m}^3\text{/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2\text{/ m}^3\text{ tahun)} = \frac{114735 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}}{2177278.29 \text{ m}^3\text{/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2\text{ / m}^3\text{ tahun)} = 0,0527 \text{ ton CO}_2\text{ / m}^3\text{ tahun}$$

Tabel 4.16. Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Timbulan Sampah yang Dibakar

No	Kecamatan	Sisa Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (m ³ /hari)	Sisa Timbulan Sampah Permukiman yang Dibakar (m ³ /tahun)	Emisi ton CO ₂ / tahun	FES (ton CO ₂ /m ³ . tahun)	Emisi ton CO ₂ /tahun
1	Sidoarjo	525,75	191.898,53	114.735	0,0527	10.112,34
2	Buduran	276,59	100.953,96			5.319,90
3	Candi	404,89	147.784,92			7.787,72
4	Porong	252,83	92.281,56			4.862,90
5	Krembung	221,18	80.729,20			4.254,13
6	Tulangan	289,17	105.546,72			5.561,92
7	Tanggulangin	330,61	120.672,83			6.359,01
8	Jabon	188,43	68.775,75			3.624,23
9	Krian	327,44	119.516,51			6.298,08
10	Balongsendo	234,99	85.770,04			4.519,76
11	Wonoayu	258,76	94.446,05			4.976,96
12	Tarik	214,59	78.326,23			4.127,50
13	Prambon	250,25	91.342,05			4.813,39
14	Taman	602,57	219.939,29			11.589,99
15	Waru	677,38	247.242,90			13.028,79
16	Gedangan	272,51	99.465,20			5.241,45
17	Sedati	284,78	103.945,94			5.477,57
18	Sukodono	352,44	128.640,60			6.778,89
Jumlah			2.177.278,29	114.735	0,0527	114.734,54

D. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi Pembakaran Sampah tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo Berdasarkan Timbulan Sampah yang Dibakar

Alternatif keempat faktor emisi spesifik diperoleh berdasarkan jumlah penduduk yang melakukan pembakaran sampah berupa sampah domestik permukiman. Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan jumlah penduduk yang melakukan pembakaran sampah:

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2 \text{ / tahun}}{\text{Jumlah penduduk membakar sampah jiwa / tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun)} = \frac{114735 \text{ ton CO}_2 \text{ / tahun}}{1835430 \text{ jiwa / tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun)} = 0.0625 \text{ ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun}$$

Tabel 4.17. Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Dari Pembakaran Sampah tiap Kecamatan Berdasarkan Jumlah Penduduk

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk tahun 2012 (jiwa)	Jumlah Penduduk yang Melakukan Open Burning (Jiwa)	Emisi ton CO ₂ / tahun	FES (ton CO ₂ / jiwa. tahun)	Emisi ton CO ₂ /tahun
1	Sidoarjo	206.910	161.769	114.735	0,0625	10.112,34
2	Buduran	94.137	85.103			5.319,90
3	Candi	144.465	124.582			7.787,72
4	Porong	89.654	77.793			4.862,90
5	Krembung	69.268	68.054			4.254,13
6	Tulangan	91.721	88.975			5.561,92
7	Tanggulangin	106.313	101.726			6.359,01
8	Jabon	58.562	57.977			3.624,23
9	Krian	122.386	100.752			6.298,08
10	Balongsendo	73.033	72.304			4.519,76
11	Wonoayu	80.420	79.617			4.976,96
12	Tarik	66.694	66.028			4.127,50
13	Prambon	78.085	77.001			4.813,39
14	Taman	214.356	185.407			11.589,99
15	Waru	223.697	208.424			13.028,79
16	Gedangan	123.492	83.848			5.241,45
17	Sedati	96.204	87.626			5.477,57
18	Sukodono	114.070	108.443			6.778,89
Jumlah		2.053.467	1.835.430	114.735	0,0625	114.735

E. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Dari Persampahan tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Alternatif kelima faktor emisi spesifik diperoleh berdasarkan jumlah timbulan sampah di Kabupaten Sidoarjo berupa sampah domestik permukiman. Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan jumlah timbulan sampah di Kabupaten Sidoarjo:

$$\text{FES (ton CO}_2\text{ / m}^3\text{.tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2\text{/tahun}}{\text{Jumlah timbulan sampah m}^3\text{/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2\text{ / m}^3\text{.tahun)} = \frac{142756,1 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}}{2417207,39 \text{ m}^3\text{/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2\text{ / m}^3\text{.tahun)} = 0,0591 \text{ ton CO}_2\text{ / m}^3\text{.tahun}$$

Tabel 4.18. Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Dari Timbulan Sampah tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Total Timbulan Sampah (m ³ /tahun)	Total Emisi ton CO ₂ /tahun	FES (ton CO ₂ / m ³ .tahun)	Emisi ton CO ₂ /tahun
1	Sidoarjo	243.509,53	142.756,01	0,0591	14.381,24
2	Buduran	110.655,66			6.535,13
3	Candi	169.878,37			10.032,72
4	Porong	105.421,56			6.226,01
5	Krembung	81.353,35			4.804,59
6	Tulangan	107.736,72			6.362,74
7	Tanggulangin	128.184,53			7.570,35
8	Jabon	68.775,75			4.061,77
9	Krian	143.971,51			8.502,70
10	Balongbendo	85.770,04			5.065,43
11	Wonoayu	94.446,05			5.577,82
12	Tarik	78.326,23			4.625,81
13	Prambon	91.707,05			5.416,06
14	Taman	252.059,29			14.886,18
15	Waru	262.864,90			15.524,34
16	Gedangan	145.360,30			8.584,72
17	Sedati	113.070,94			6.677,77
18	Sukodono	134.115,60			7.920,63
Jumlah		2.417.207,39	142.756,01	0,0591	142.756,01

F. Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Dari Persampahan tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Alternatif keenam faktor emisi spesifik diperoleh berdasarkan jumlah penduduk di Kabupaten Sidoarjo. Berikut ini adalah perhitungan faktor emisi spesifik berdasarkan jumlah penduduk di Kabupaten Sidoarjo:

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ /jiwa.tahun)} = \frac{\text{Emisi ton CO}_2\text{/tahun}}{\text{Jumlah penduduk membakar sampah jiwa/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun)} = \frac{142756,01 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}}{2037688 \text{ jiwa/tahun}}$$

$$\text{FES (ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun)} = 0,07 \text{ ton CO}_2 \text{ / jiwa.tahun}$$

Tabel 4.19. Hasil perhitungan Faktor Emisi Spesifik dan Emisi CO₂ Dari Jumlah Penduduk tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Total Emisi ton CO ₂ /tahun	FES (ton CO ₂ / jiwa.tahun)	Emisi ton CO ₂ /tahun
1	Sidoarjo	205.277	142.756,01	0,07	14.381,24
2	Buduran	93.282			6.535,13
3	Candi	143.206			10.032,72
4	Porong	88.870			6.226,01
5	Krembung	68.580			4.804,59
6	Tulangan	90.821			6.362,74
7	Tanggulangin	108.059			7.570,35
8	Jabon	57.977			4.061,77
9	Krian	121.367			8.502,70
10	Balongsendo	72.304			5.065,43
11	Wonoayu	79.617			5.577,82
12	Tarik	66.028			4.625,81
13	Prambon	77.308			5.416,06
14	Taman	212.484			14.886,18
15	Waru	221.593			15.524,34
16	Gedangan	122.538			8.584,72
17	Sedati	95.318			6.677,77
18	Sukodono	113.058			7.920,63
Jumlah		2.037.688	142.756,01	0,07	142.756,01

Berdasarkan hasil perhitungan dan ketersediaan data maka didapatkan beberapa alternatif faktor emisi spesifik dari persampahan di Kabupaten Sidoarjo. Pada Tabel 4.20 dapat lihat alternatif-alternatif yang didapatkan dari persampahan.

Tabel 4.20. Alternatif Faktor Emisi Spesifik Sektor Persampahan

Jenis Pengelolaan	Alternatif 1	Alternatif 2
	ton CO ₂ / m ³ .tahun	ton CO ₂ / jiwa.tahun
TPA	0,1168	0,1385
Open Burning	0,0527	0,0625
TPA dan Open Burning	0,0591	0,0701

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Faktor emisi spesifik dari TPA lebih besar dbila dibandingkan dengan FES dari pembakaran sampah seperti yang tertera pada Tabel 4.20. Hal tersebut dikarenakan dari hasil pembagian emisi CH₄ TPA dengan jumlah timbunan sampah, setiap 1 ton sampah TPA menghasilkan 0,019 ton CH₄. Sedangkan pada pembakaran sampah setiap 1 ton sampah yang dibakar hanya menghasilkan 0,0065 ton CH₄. Selain itu hal tersebut dikarenakan pada kondisi anaerob akan dihasilkan gas metan (Damanhuri, 2008). Hal tersebut sesuai dengan kondisi sampah di TPA sehingga menghasilkan emisi gas metan yang lebih besar

4.1.3 Total Emisi CO₂ Permukiman dan Persampahan di Kabupaten

Sidoarjo

Setelah dilakukan perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari permukiman dan persampahan maka dapat diketahui emisi CO₂ yang dihasilkan dari tiap Kecamatan. Dari perhitungan emisi CO₂ tiap Kecamatan dapat dilakukan pemetaan tapak karbon di Kabupaten Sidoarjo. Hasil perhitungan Emisi CO₂ tiap Kecamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.21 Emisi Primer CO₂ Permukiman dan Emisi Sekunder CO₂

Persampahan tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Penduduk tahun 2012 (jiwa)	Emisi Pemukiman (ton CO ₂ /tahun)	Emisi Persampahan (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Sidoarjo	206.910	21.043,85	14.381,24	35.425,09
2	Buduran	94.137	12.648,18	6.535,13	19.183,31
3	Candi	144.465	16.638,16	10.032,72	26.670,87
4	Porong	89.654	8.669,10	6.226,01	14.895,11
5	Krembung	69.268	7.669,16	4.804,59	12.473,74
6	Tulangan	91.721	9.905,59	6.362,74	16.268,33
7	Tanggulangun	106.313	9.594,03	7.570,35	17.164,39
8	Jabon	58.562	7.938,67	4.061,77	12.000,45
9	Krian	122.386	14.322,02	8.502,70	22.824,72
10	Balombangendo	73.033	9.032,11	5.065,43	14.097,53
11	Wonoayu	80.420	8.940,90	5.577,82	14.518,72
12	Tarik	66.694	11.017,96	4.625,81	15.643,77
13	Prambon	78.085	10.039,30	5.416,06	15.455,36
14	Taman	214.356	23.727,85	14.886,18	38.614,03
15	Waru	223.697	27.625,98	15.524,34	43.150,32
16	Gedangan	123.492	16.341,84	8.584,72	24.926,57
17	Sedati	96.204	11.484,12	6.677,77	18.161,89
18	Sukodono	114.070	12.974,35	7.920,63	20.894,98
Jumlah		2.053.467	239.613,17	142.756,01	382.369,18

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

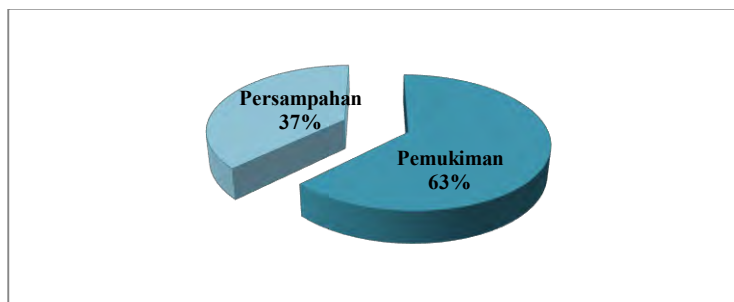
Kabupaten Sidoarjo turut mengemisikan CO₂ sebesar 382369,18 CO₂ /tahun dari kegiatan permukiman dan persampahan. Emisi CO₂ terbesar dihasilkan dari Kecamatan Waru sebesar **43.150,32** CO₂ /tahun. Kecamatan Waru turut menyumbangkan 11% emisi CO₂ dari total emisi yang dihasilkan dari kegiatan permukiman dan persampahan di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk terbesar ada di Kecamatan Waru sehingga turut menghasilkan emisi yang terbesar di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut juga dikarenakan Kecamatan Waru merupakan penyumbang emisi terbesar dari kegiatan di permukiman dan persampahan.

Tabel 4.22 Emisi Primer CO₂ Permukiman dan Persampahan tiap Kecamatan

No	Nama Kecamatan	Jumlah Penduduk tahun 2012 (jiwa)	Emisi Permukiman (ton CO ₂ /tahun)	Emisi Persampahan (ton CO ₂ /tahun)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Sidoarjo	206.910	21.043,85	10.112,34	31.156,19
2	Buduran	94.137	12.648,18	5.319,90	17.968,08
3	Candi	144.465	16.638,16	7.787,72	24.425,88
4	Porong	89.654	8.669,10	4.862,90	13.532,00
5	Krembung	69.268	7.669,16	4.254,13	11.923,29
6	Tulangan	91.721	9.905,59	5.561,92	15.467,51
7	Tanggulangun	106.313	9.594,03	6.359,01	15.953,05
8	Jabon	58.562	7.938,67	31.645,71	39.584,38
9	Krian	122.386	14.322,02	6.298,08	20.620,09
10	Balombang	73.033	9.032,11	4.519,76	13.551,87
11	Wonoayu	80.420	8.940,90	4.976,96	13.917,86
12	Tarik	66.694	11.017,96	4.127,50	15.145,47
13	Prambon	78.085	10.039,30	4.813,39	14.852,69
14	Taman	214.356	23.727,85	11.589,99	35.317,84
15	Waru	223.697	27.625,98	13.028,79	40.654,77
16	Gedangan	123.492	16.341,84	5.241,45	21.583,29
17	Sedati	96.204	11.484,12	5.477,57	16.961,69
18	Sukodono	114.070	12.974,35	6.778,89	19.753,23
Jumlah		2.053.467	239.613,17	142.756,01	382.369,18

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan Tabel 4.22 yang menunjukkan total emisi CO₂ primer, Kecamatan Waru merupakan kecamatan dengan emisi tertinggi dan diikuti oleh Kecamatan Jabon. Emisi terbesar yang dihasilkan dari persampahan berasal dari Kecamatan Jabon dikarenakan lokasi TPA berada di kecamatan tersebut.

**Gambar 4.2** Prosentase Emisi CO₂ Permukiman dan Persampahan

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa sektor persampahan menyumbangkan emisi CO₂ sebesar 63%, lebih besar dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan. Hal tersebut sesuai dengan hasil inventarisasi yang telah dilakukan di Kabupaten Pekalongan yang menyatakan bahwa penyumbang emisi terbesar adalah dari penggunaan energi. Selain itu Bo Zhang (2014) menyatakan aktivitas penggunaan energi menyumbangkan sebanyak 45,3% pengelolaan sampah sebesar 13,85% dari total emisi.

4.1.4 Skenario Terhadap Penggunaan Bahan Bakar di Kabupaten Sidoarjo

Data mengenai penggunaan bahan bakar untuk memasak di Kabupaten Sidoarjo menunjukkan bahwa masih terdapat penduduk yang menggunakan bahan bakar berupa minyak tanah dan kayu bakar pada tahun 2012. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar minyak dan kayu bakar lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar LPG. Hal tersebut dikarenakan faktor emisi dari minyak tanah dan kayu bakar lebih tinggi dibandingkan dengan LPG. Dari ketiga jenis bahan bakar tersebut faktor emisi dari kayu bakar mempunyai nilai terbesar sehingga menghasilkan emisi CO₂ yang paling tinggi.

Ada beberapa skenario yang dapat dilakukan untuk menurunkan tingkat emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo, diantaranya :

1. Mengkonversi 100% pengguna minyak tanah ke bahan bakar LPG
2. Mengkonversi penggunaan minyak tanah dan 25% pengguna kayu bakar ke bahan bakar LPG
3. Mengkonversi penggunaan 100% minyak tanah dan 100% pengguna kayu bakar ke bahan bakar LPG

A. Skenario Satu

Skenario satu merupakan salah satu cara yang bisa dilakukan untuk menurunkan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo adalah dengan melakukan penggantian dari penggunaan minyak tanah menjadi LPG. Konversi 100% minyak tanah ke LPG berdasarkan Peraturan Presiden No 104 Tahun 2007 mengenai konversi minyak tanah ke LPG 3 kg. Dari perhitungan emisi CO₂ skenario satu akan dapat diketahui berapa persen emisi CO₂ yang dapat diturunkan dari

penerapan skenario satu. Pada Tabel 4.23 merupakan hasil perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan skenario satu

Tabel 4.23. Emisi CO₂ Menggunakan Skenario Satu

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Pengguna Minyak tanah	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Emisi Konversi MT ke LPG (ton CO ₂ /tahun)	Skenario 1 Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Penurunan Emisi (%)
1	Tarik	284	11.017,96	102,08	10.878,34	2,8
2	Prambon	293	10.039,30	105,31	9.895,25	
3	Krembung	431	7.669,16	154,92	7.457,26	
4	Porong	498	8.669,10	179,00	8.424,27	
5	Jabon	257	7.938,67	92,37	7.812,32	
6	Tanggulangun	349	9.594,03	125,44	9.422,45	
7	Candi	1.095	16.638,16	393,58	16.099,82	
8	Tulangan	289	9.905,59	103,88	9.763,51	
9	Wonoayu	302	8.940,90	108,55	8.792,43	
10	Sukodono	584	12.974,35	209,91	12.687,23	
11	Sidoarjo	1.776	21.043,85	638,36	20.170,70	
12	Buduran	500	12.648,18	179,72	12.402,36	
13	Sedati	814	11.484,12	292,58	11.083,93	
14	Waru	2.113	27.625,98	759,49	26.587,16	
15	Gedangan	898	16.341,84	322,77	15.900,35	
16	Taman	1.652	23.727,85	593,79	22.915,67	
17	Krian	1.021	14.322,02	366,98	13.820,06	
18	Balong Bendo	518	9.032,11	186,19	8.777,44	
Jumlah		13674	239.613,17	4.914,91	232.890,54	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan skenario satu terjadi penurunan sebesar 2,8%. Total Emisi CO₂ pada tahun 2012 adalah sebesar 239.613,17 ton CO₂/tahun dan apabila dilakukan penerapan skenario satu maka emisi CO₂ yang dihasilkan akan mengalami penurunan menjadi 232.890,54 ton CO₂/tahun.

B. Skenario Dua

Skenario dua merupakan cara kedua yang bisa dilakukan untuk menurunkan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo yaitu dengan melakukan

penggantian dari penggunaan minyak tanah menjadi LPG beserta penggantian 25% pengguna kayu bakar menjadi LPG. Hal tersebut dikarenakan hanya 25 persen dari responden yang mau untuk mengganti penggunaan kayu bakar dengan LPG. Dari perhitungan emisi CO₂ skenario dua akan dapat diketahui berapa persen emisi CO₂ yang dapat diturunkan dari penerapan skenario dua. Pada Tabel 4.24 merupakan hasil perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan cara skenario dua.

Tabel 4.24. Emisi CO₂ Menggunakan Skenario Dua

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Pengguna Kayu Bakar ke LPG (25%)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Sisa Emisi kayu bakar (ton/MJ) (75%)	Emisi Kayu Bakar ke LPG (ton CO ₂ /tahun) (25%)	Skenario 2 Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	222	11.017,96	739,2924	79,88436811	10.218,93
2	Prambon	171	10.039,30	569,646	61,55319702	9.387,16
3	Krembung	222	7.669,16	737,6292	79,70465074	6.799,34
4	Porong	136	8.669,10	450,7272	48,70340553	8.022,24
5	Jabon	202	7.938,67	672,7644	72,69567356	7.212,25
6	Tanggulangin	49	9.594,03	162,162	17,52244295	9.277,81
7	Candi	64	16.638,16	212,058	22,91396386	15.910,67
8	Tulangan	124	9.905,59	410,8104	44,3901888	9.397,09
9	Wonoayu	125	8.940,90	416,6316	45,01919957	8.420,82
10	Sukodono	108	12.974,35	358,4196	38,72909185	12.367,54
11	Sidoarjo	59	21.043,85	195,426	21,11679022	19.996,39
12	Buduran	37	12.648,18	123,9084	13,38894359	12.291,84
13	Sedati	25	11.484,12	83,9916	9,07572686	11.009,01
14	Waru	32	27.625,98	104,7816	11,32219391	26.493,70
15	Gedangan	27	16.341,84	88,9812	9,614878951	15.820,99
16	Taman	66	23.727,85	217,8792	23,54297463	22.721,33
17	Krian	95	14.322,02	314,3448	33,96658172	13.539,68
18	Balong Bendo	212	9.032,11	705,1968	76,20016215	8.148,44
Jumlah		1.974	239.613	6.565	709	227.035

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan skenario dua terjadi penurunan sebesar 5,25% terhadap jumlah awal emisi CO₂. Total Emisi CO₂ pada tahun 2012 adalah sebesar 239.613ton CO₂/tahun dan apabila dilakukan

penerapan skenario dua maka emisi CO₂ yang dihasilkan akan mengalami penurunan menjadi 227.035 ton CO₂/tahun.

C. Skenario Tiga

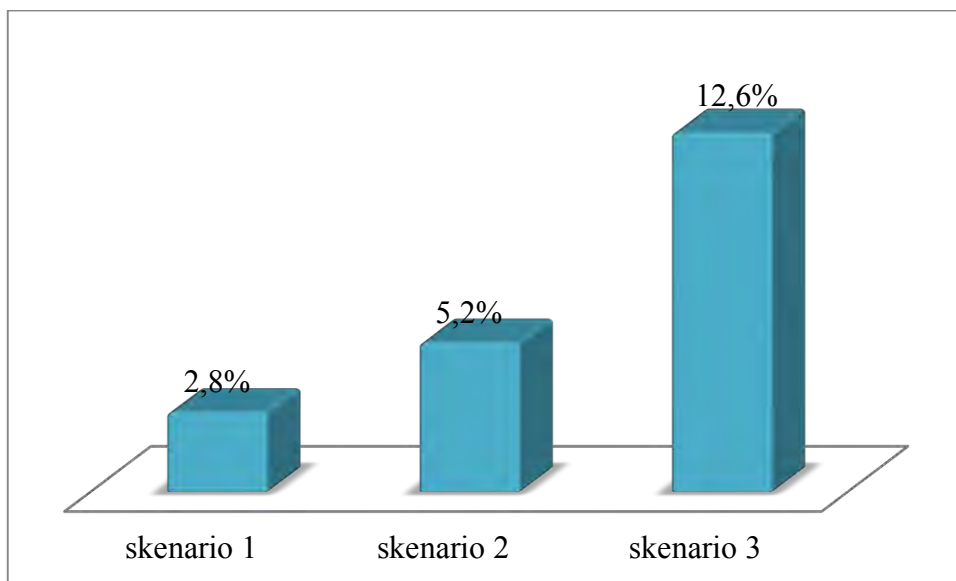
Skenario tiga merupakan cara ketiga yang bisa dilakukan untuk menurunkan emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo yaitu dengan melakukan penggantian dari penggunaan minyak tanah menjadi LPG beserta penggantian 100% pengguna kayu bakar menjadi LPG. Dari perhitungan emisi CO₂ skenario tiga akan dapat diketahui berapa persen emisi CO₂ yang dapat diturunkan dari penerapan skenario tiga. Pada Tabel 4.25 merupakan hasil perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan cara skenario tiga.

Tabel 4.25. Emisi CO₂ Menggunakan Skenario Tiga

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Pengguna Kayu Bakar (100%)	Total Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Emisi Kayu Bakar ke LPG (ton CO ₂ /tahun)	Skenario 3 Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	Tarik	889	11.017,96	319,54	8.240,71
2	Prambon	685	10.039,30	246,21	7.862,88
3	Krembung	887	7.669,16	318,82	4.825,56
4	Porong	542	8.669,10	194,81	6.816,17
5	Jabon	809	7.938,67	290,78	5.412,05
6	Tanggulangin	195	9.594,03	70,09	8.843,89
7	Candi	255	16.638,16	91,66	15.343,24
8	Tulangan	494	9.905,59	177,56	8.297,83
9	Wonoayu	501	8.940,90	180,08	7.305,98
10	Sukodono	431	12.974,35	154,92	11.408,47
11	Sidoarjo	235	21.043,85	84,47	19.473,46
12	Buduran	149	12.648,18	53,56	11.960,29
13	Sedati	101	11.484,12	36,30	10.784,27
14	Waru	126	27.625,98	45,29	26.213,32
15	Gedangan	107	16.341,84	38,46	15.582,89
16	Taman	262	23.727,85	94,17	22.138,32
17	Krian	378	14.322,02	135,87	12.698,54
18	Balong Bendo	848	9.032,11	304,80	6.261,45
Jumlah		7.894	239.613	2.837,38	209.469

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan skenario tiga terjadi penurunan sebesar 12,58% terhadap jumlah awal emisi CO₂. Total Emisi CO₂ pada tahun 2012 adalah sebesar 239,613.17 ton CO₂/tahun dan apabila dilakukan penerapan skenario tiga maka emisi CO₂ yang dihasilkan akan mengalami penurunan menjadi 209.469 ton CO₂/tahun. Prosentase penurunan emisi dengan menggunakan ketiga jenis skenario dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Prosentase Penurunan Emisi Menggunakan Skenario

Setelah melakukan perhitungan emisi CO₂ dengan 3 jenis skenario yang berbeda yang bertujuan untuk menurunkan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar didapatkan hasil bahwa penurunan terbesar diperoleh dari skenario 3. Sehingga untuk kedepannya dapat dipertimbangkan untuk melakukan penerapan dari skenario 3 di Kabupaten Sidoarjo dikarenakan dengan skenario tersebut dapat menurunkan emisi sebesar 12,6% dari emisi awal. Pemilihan scenario 3 sebagai skenario terbaik dapat diterapkan pada wilayah perdesaan dikarenakan di wilayah perdesaan masih terdapat rumah tangga yang menggunakan kayu bakar dan minyak tanah sebagai bahan bakar memasak.

4.1.5 Skenario Terhadap Persampahan di Kabupaten Sidoarjo

Berdasarkan hasil perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan persampahan di Kabupaten Sidoarjo menghasilkan emisi sebesar 23538,04 ton CO₂/tahun. Dari total emisi CO₂ yang dihasilkan dari persampahan sebanyak 81% disumbangkan oleh kegiatan pembakaran sampah yang dilakukan oleh masyarakat di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut dikarenakan masih sedikitnya jumlah penduduk yang terlayani oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan dalam pengangkutan sampah ke TPA.

Ada beberapa skenario yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah, diantaranya melakukan peningkatan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA. Dengan adanya peningkatan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA maka akan dapat mengurangi emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran sampah. Dari perhitungan emisi menggunakan skenario dapat diketahui penurunan emisi CO₂ yang dapat terjadi apabila menerapkan skenario tersebut. Berikut ini adalah beberapa skenario yang dapat dilakukan, diantaranya :

1. Skenario 1 : meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA sebesar 40% dengan konsisi TPA Open Dumping
2. Skenario 2 : meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA sebesar 80% dengan kondisi TPA Open Dumping
3. Skenario 3 : meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA sebesar 40% dengan konsisi TPA Sanitary Landfill
4. Skenario 4 : meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA sebesar 80% dengan kondisi TPA Sanitary Landfill

A. Skenario Satu

Skenario satu untuk persampahan dilakukan dengan meningkatkan pelayanan jumlah penduduk dari 10% menjadi 40%. Peningkatan jumlah pelayanan sebanyak 40% dilakukan berdasarkan jumlah responden yang menyetujui untuk membayar retribusi pengangkutan sampah. Sebagian besar penduduk melakukan pembakaran sampah dikarenakan tidak adanya pengangkutan sampah di daerah tempat tinggalnya. Peningkatan pelayanan

tersebut dilakukan dengan mengalihkan jumlah penduduk yang melakukan open burning sebanyak 40% di masing-masing wilayah yang telah terlayani menjadi pengumpulan ke TPA. Sehingga total prosentase pelayanan di Kabupaten meningkat menjadi 40%. Dari skenario ini akan dapat diketahui berapa prosentase penurunan emisi CO₂ yang dihasilkan dari serta peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan dari TPA dengan peningkatan pelayanan sebanyak 40%. Pada Tabel 4.26 dapat diketahui perhitungan emisi CO₂ tiap Kecamatan dengan menggunakan skenario satu.

Tabel 4.26 Emisi CO₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Satu

No	Kecamatan	Sisa Emisi Open Burning ton CO ₂ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open.B ke TPA) ton CO ₂ /tahun	Skenario 1 Total Emisi ton CO ₂ /tahun
1	Sidoarjo	6.067	14.992	21.060
2	Buduran	3.192	5.849	9.041
3	Candi	4.673	9.484	14.157
4	Porong	2.918	5.846	8.763
5	Krembung	2.552	3.844	6.397
6	Tulangan	3.337	5.187	8.524
7	Tanggulangin	3.815	6.515	10.330
8	Jabon	2.175	3.213	5.387
9	Krian	3.779	8.439	12.218
10	Balombang	2.712	4.007	6.719
11	Wonoayu	2.986	4.412	7.398
12	Tarik	2.477	3.659	6.136
13	Prambon	2.888	4.310	7.198
14	Taman	6.954	14.026	20.980
15	Waru	7.817	13.375	21.192
16	Gedangan	3.145	10.007	13.152
17	Sedati	3.287	5.922	9.208
18	Sukodono	4.067	6.649	10.716
Jumlah		68.841	129.736	198.577

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CO₂ di Kecamatan Sidoarjo dengan menggunakan skenario 1 :

Jumlah penduduk yang melakukan Open Burning	= 161.769 jiwa
Peningkatan pelayanan pengangkutan sampah	= 40%
Penurunan emisi open burning	= 60%
Jumlah penduduk terlayani pengangkutan ke TPA	= 43.508 jiwa
Faktor emsi spesifik TPA	= 0,1385tonCO ₂ /jiwa.tahun
Emisi awal open burning Kecamatan Sidoarjo	= 10.112 tonCO ₂ /tahun
Total emisi awal Kabupaten Sidoarjo	= 142.756 tonCO ₂ /tahun
Emisi awal Open Burning Kabupaten Sidoarjo	= 114.735 tonCO ₂ /tahun
Jumlah penduduk yang beralih dari Open Burning ke TPA	= 161.769 jiwa x 40%
	= 64.708 jiwa

Penduduk terlayani dengan peningkatan pelayanan 40%

= Penduduk terlayani ke TPA + Jumlah penduduk dari Open Burning ke TPA

= 43508 + 64708 = 108215 jiwa

Sisa emisi Open burning	= Emisi awal open burning x 60%
	= 114,735 tonCO ₂ /tahun x 60%
	= 6067 tonCO ₂ /tahun

Emisi TPA peningkatan pelayanan 40% = Penduduk terlayani x FES TPA

= 64708 jiwa x 0,1385 tonCO₂/jiwa.tahun

= 14.992 tonCO₂/tahun

Total emisi skenario 1

= Emisi TPA peningkatan pelayanan 40% + Sisa emisi Open burning

= 14.992 tonCO₂/tahun + 6.067 tonCO₂/tahun = 21.060 tonCO₂/tahun

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.29 menunjukkan penurunan emisi CO₂ dari pembakaran sampah sebesar 40%. Jika menggunakan skenario 1 dengan meningkatkan jumlah pelayanan sebanyak 40% dari jumlah penduduk yang melakukan open burning maka terjadi peningkatan emsi di TPA sebesar 78%. Selain itu terjadi peningkatan sebesar 28% dari emisi total di Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan peningkatan emsi CH₄ dari TPA yang dihasilkan dari

skenario satu dapat dilihat dari Tabel 4.27. Perhitungan tersebut dilakukan untuk mengetahui potensi CH₄ yang terbentuk dengan meningkatkan prosentase pelayanan sampah di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.27 Peningkatan Emisi CH₄ TPA dengan Skenario 1

No	Kecamatan	Total Jumlah Penduduk terlayani ke TPA (jiwa)	Emisi Awal TPA ton CH ₄ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open.B ke TPA) ton CH ₄ /tahun	Peningkatan Emisi CH ₄ TPA (%)
1	Sidoarjo	108.215	241	600	78%
2	Buduran	42.220	45	234	
3	Candi	68.457	103	379	
4	Porong	42.194	61	234	
5	Krembung	27.748	3	154	
6	Tulangan	37.436	10	207	
7	Tanggulangin	47.023	35	261	
8	Jabon	23.191	0	129	
9	Krian	60.916	114	338	
10	Balongbendo	28.921	0	160	
11	Wonoayu	31.847	0	176	
12	Tarik	26.411	0	146	
13	Prambon	31.108	2	172	
14	Taman	101.240	150	561	
15	Waru	96.539	73	535	
16	Gedangan	72.229	214	400	
17	Sedati	42.743	43	237	
18	Sukodono	47.993	26	266	
Jumlah		936.430	1.121	5.189	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CH₄ yang dihasilkan dari TPA Open dumping :

Emisi eksisting (CH₄) = 1,12 Gg/tahun = 1121 ton CH₄/tahun

Jumlah penduduk yang terlayani = 202258 jiwa

Peningkatan jumlah penduduk terlayani = 936430 jiwa

$$\begin{aligned}\text{Faktor emsi Spesifik CH}_4 \text{ TPA} &= \frac{1121 \text{ ton CH}_4/\text{tahun}}{202258 \text{ jiwa}} \\ &= 0,00554 \text{ ton CH}_4/\text{jiwa.tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 \text{ TPA} &= \text{Peningkatan jumlah penduduk terlayani} \times \text{FES CH}_4 \text{ TPA} \\ &= 936430 \text{ jiwa} \times 0,00554 \text{ ton CH}_4/\text{jiwa.tahun} \\ &= 5.189 \text{ ton CH}_4/\text{tahun}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan menunjukkan dengan adanya peningkatan pelayanan pengangkutan sampah ke TPA terjadi pula peningkatan emisi CH₄ sebesar 78% dari jumlah emisi awal CH₄.

B. Skenario Dua

Skenario satu untuk persampahan dilakukan dengan meningkatkan pelayanan jumlah penduduk dari 10% menjadi 80%. Peningkatan pelayanan tersebut berdasarkan MDGs dan NAP yang menetapkan sasaran pencapaian pelayanan tahun 2015 sebesar 80% di perkotaan dan perdesaan. Peningkatan pelayanan dilakukan dengan mengalihkan jumlah penduduk yang melakukan open burning sebanyak 79% di masing-masing wilayah yang telah terlayani menjadi pengumpulan ke TPA. Sehingga total prosentase pelayanan di Kabupaten meningkat menjadi 80%. Dari skenario ini akan dapat diketahui berapa prosentase penurunan emisi CO₂ yang dihasilkan dari serta peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan dari TPA dengan peningkatan pelayanan sebanyak 80%. Pada Tabel 4.28 dapat diketahui perhitungan emisi CO₂ tiap Kecamatan dengan menggunakan skenario dua.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.28 menunjukkan penurunan emisi CO₂ dari pembakaran sampah sebesar 79%. Jika menggunakan skenario 1 dengan meningkatkan jumlah pelayanan sebanyak 80% dari jumlah penduduk yang melakukan open burning maka terjadi peningkatan emsi di TPA sebesar 88%. Selain itu terjadi peningkatan sebesar 60% dari emisi total di Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan peningkatan emsi CH₄ dari TPA yang dihasilkan dari skenario satu dapat dilihat dari Tabel 4.27. Perhitungan tersebut dilakukan untuk mengetahui potensi CH₄ yang terbentuk dengan meningkatkan prosentase

pelayanan sampah di Kabupaten Sidoarjo. Hasil dari perhitungan peningkatan emisi CH₄ dengan meningkatkan prosentase pelayanan dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.28 Emisi CO₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Dua

No	Kecamatan	Sisa Emisi Open Burnning ton CO ₂ / tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open.B ke TPA) ton CO ₂ /tahun	Skenario 2 Total Emisi ton CO ₂ / tahun
1	Sidoarjo	2.124	23.733	25.857
2	Buduran	1.117	10.448	11.565
3	Candi	1.635	16.216	17.851
4	Porong	1.021	10.049	11.070
5	Krembung	893	7.521	8.415
6	Tulangan	1.168	9.994	11.162
7	Tanggulangin	1.335	12.011	13.347
8	Jabon	761	6.346	7.107
9	Krian	1.323	13.883	15.206
10	Balongsendo	949	7.914	8.863
11	Wonoayu	1.045	8.714	9.759
12	Tarik	867	7.227	8.094
13	Prambon	1.011	8.470	9.481
14	Taman	2.434	24.044	26.478
15	Waru	2.736	24.636	27.372
16	Gedangan	1.101	14.537	15.638
17	Sedati	1.150	10.656	11.807
18	Sukodono	1.424	12.508	13.932
Jumlah		24.094	228.907	253.001

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 4.29 Peningkatan Emisi CH₄ TPA dengan Skenario 2

No	Kecamatan	Total Jumlah Penduduk terlayani ke TPA (jiwa)	Emisi Awal TPA ton CH ₄ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open.B ke TPA) ton CH ₄ /tahun	Peningkatan Emisi CH ₄ TPA (%)
1	Sidoarjo	171.305	241	949	88
2	Buduran	75.410	45	418	88

No	Kecamatan	Total Jumlah Penduduk terlayani ke TPA (jiwa)	Emisi Awal TPA ton CH ₄ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open.B ke TPA) ton CH ₄ /tahun	Peningkatan Emisi CH ₄ TPA (%)
3	Candi	117.044	103	649	88
4	Porong	72.533	61	402	88
5	Krembung	54.289	3	301	88
6	Tulangan	72.136	10	400	88
7	Tanggulangin	86.696	35	480	88
8	Jabon	45.802	0	254	88
9	Krian	100.209	114	555	88
10	Balongsendo	57.120	0	317	88
11	Wonoayu	62.898	0	349	88
12	Tarik	52.162	0	289	88
13	Prambon	61.138	2	339	88
14	Taman	173.549	150	962	88
15	Waru	177.824	73	985	88
16	Gedangan	104.929	214	581	88
17	Sedati	76.917	43	426	88
18	Sukodono	90.285	26	500	88
Jumlah		1.652.248	1.121	9.156	88

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Perhitungan peningkatan emisi CH₄ dengan menggunakan skenario 2 menggunakan perhitungan yang sama dengan skenario 1 dengan menggunakan faktor emisi spesifik yang sama. Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.29 dapat diketahui bahwa peningkatan emisi CH₄ yang terjadi yaitu sebesar 88%. Peningkatan yang terbentuk 10% lebih besar dibandingkan dengan skenario 1.

C. Skenario Tiga

Skenario tiga untuk persampahan dilakukan dengan meningkatkan pelayanan jumlah penduduk dari 10% menjadi 40%. Peningkatan jumlah pelayanan sebanyak 40% dilakukan berdasarkan jumlah responden yang menyetujui untuk membayar retribusi pengangkutan sampah. Sebagian besar penduduk melakukan pembakaran sampah dikarenakan tidak adanya pengangkutan sampah di daerah tempat tinggalnya. Peningkatan pelayanan tersebut dilakukan dengan mengalihkan jumlah penduduk yang melakukan open

burning sebanyak 40% di masing-masing wilayah yang telah terlayani menjadi pengumpulan ke TPA. Sehingga total prosentase pelayanan di Kabupaten meningkat menjadi 46%. Dari skenario ini akan dapat diketahui berapa prosentase penurunan emisi CO₂ yang dihasilkan dari serta peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan dari TPA dengan peningkatan pelayanan sebanyak 40%. Kondisi TPA yang digunakan pada scenario ini merupakan TPA sanitary landfill dikarenakan denagn TPA jenis ini diharapkan gas metana yang dihasilkan akan lebih banyak dibandingkan denagn TPA open dumping sehingga dapat dilakukan pengumpulan dan pemanfaatan gas metana. Pada Tabel 4.30 dapat diketahui perhitungan emisi CO₂ tiap Kecamatan dengan menggunakan skenario tiga.

Tabel 4.30 Emisi CO₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Tiga

No	Kecamatan	Sisa Emisi Open Burnning ton CO ₂ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open.B ke TPA) ton CO ₂ /tahun	Skenario 3 Total Emisi ton CO ₂ /tahun
1	Sidoarjo	6.067	37.481	43.549
2	Buduran	3.192	14.623	17.815
3	Candi	4.673	23.711	28.383
4	Porong	2.918	14.614	17.532
5	Krembung	2.552	9.611	12.163
6	Tulangan	3.337	12.966	16.303
7	Tanggulangin	3.815	16.287	20.102
8	Jabon	2.175	8.032	10.207
9	Krian	3.779	21.099	24.878
10	Balongbendo	2.712	10.017	12.729
11	Wonoayu	2.986	11.030	14.017
12	Tarik	2.477	9.148	11.624
13	Prambon	2.888	10.774	13.663
14	Taman	6.954	35.065	42.019
15	Waru	7.817	33.437	41.254
16	Gedangan	3.145	25.017	28.162
17	Sedati	3.287	14.804	18.091
18	Sukodono	4.067	16.623	20.690
Jumlah		68.841	324.339	393.180

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berikut ini merupakan contoh perhitungan emisi CO₂ di Kecamatan Sidoarjo dengan menggunakan skenario 3 :

Jumlah penduduk yang melakukan Open Burning	= 161769 jiwa
Peningkatan pelayanan pengangkutan sampah	= 40%
Penurunan emisi open burning	= 60%
Jumlah penduduk terlayani pengangkutan ke TPA	= 43508 jiwa
Faktor emsi spesifik TPA	= 0,3464tonCO ₂ /jiwa.tahun
Emisi awal open burning Kecamatan Sidoarjo	= 10,112 tonCO ₂ /tahun
Total emisi awal Kabupaten Sidoarjo	= 184,788 tonCO ₂ /tahun
Emisi awal Open Burning Kabupaten Sidoarjo	= 114.735 tonCO ₂ /tahun
Jumlah penduduk yang beralih dari Open Burning ke TPA	= 161769 jiwa x 40%
	= 64708 jiwa

Penduduk terlayani dengan peningkatan pelayanan 40%

= Penduduk terlayani ke TPA + Jumlah penduduk dari Open Burning ke TPA
= 43508 + 64708 = 108215 jiwa

Sisa emisi Open burning = Emisi awal open burning x 60%
= 10,112 tonCO₂/tahun x 60%
= 6067 tonCO₂/tahun

Emisi TPA peningkatan pelayanan 40% = Penduduk terlayani x FES TPA
= 108215 jiwa x 0,3464 tonCO₂/jiwa.tahun
= 37481 tonCO₂/tahun

Total emisi skenario 3

= Emisi TPA peningkatan pelayanan 40% + Sisa emisi Open burning
= 37481 tonCO₂/tahun + 6067 tonCO₂/tahun = 43549 tonCO₂/tahun

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.30 menunjukkan penurunan emisi CO₂ dari pembakaran sampah sebesar 40%. Jika menggunakan skenario 3 dengan meningkatkan jumlah pelayanan sebanyak 40% dari jumlah penduduk yang melakukan open burning maka terjadi peningkatan emsi di TPA sanitary

landfill sebesar 78%. Selain itu terjadi peningkatan sebesar 53% dari emisi total di Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan hasil perhitungan mengenai peningkatan emisi gas CH₄ dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Peningkatan Emisi CH₄ TPA dengan Skenario 3

No	Kecamatan	Emisi Awal TPA ton CH ₄ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open.B ke TPA) ton CH ₄ /tahun	Peningkatan Emisi TPA (%)
1	Sidoarjo	603	1.499	78%
2	Buduran	113	585	
3	Candi	258	948	
4	Porong	153	585	
5	Krembung	7	384	
6	Tulangan	26	519	
7	Tanggulangun	88	651	
8	Jabon	0	321	
9	Krian	286	844	
10	Balongsendo	0	401	
11	Wonoayu	0	441	
12	Tarik	0	366	
13	Prambon	4	431	
14	Taman	375	1.403	
15	Waru	182	1.337	
16	Gedangan	536	1.001	
17	Sedati	107	592	
18	Sukodono	64	665	
Jumlah		2.802	12.974	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Hasil perhitungan pada Tabel 4.31 menunjukkan adanya peningkatan emisi CH₄ sebesar 78% dari emisi awal CH₄. Apabila dibandingkan dengan emisi CH₄ yang dihasilkan dari skenario 1 dengan jumlah 5.189 ton CH₄/tahun dan dengan emisi CH₄ dari skenario 3 yang berjumlah 12.974 ton CH₄/tahun, maka terjadi peningkatan emisi CH₄ sebesar 60%.

D. Skenario Empat

Skenario satu untuk persampahan dilakukan dengan meningkatkan pelayanan jumlah penduduk dari 10% menjadi 80%. Peningkatan pelayanan tersebut berdasarkan MDGs dan NAP yang menetapkan sasaran pencapaian pelayanan tahun 2015 sebesar 80% di perkotaan dan perdesaan. Peningkatan pelayanan dilakukan dengan mengalihkan jumlah penduduk yang melakukan open burning sebanyak 79% di masing-masing wilayah yang telah terlayani menjadi pengumpulan ke TPA. Sehingga total prosentase pelayanan di Kabupaten meningkat menjadi 80%. Dari skenario ini akan dapat diketahui berapa prosentase penurunan emisi CO₂ yang dihasilkan dari serta peningkatan emisi CO₂ yang dihasilkan dari TPA dengan peningkatan pelayanan sebanyak 80%. Kondisi TPA yang digunakan pada skenario ini merupakan TPA sanitary landfill dikarenakan dengan TPA jenis ini diharapkan gas metana yang dihasilkan akan lebih banyak dibandingkan dengan TPA open dumping sehingga dapat dilakukan pengumpulan dan pemanfaatan gas metana. Pada Tabel 4.32 dapat diketahui perhitungan emisi CO₂ tiap Kecamatan dengan menggunakan skenario dua.

Tabel 4.32 Emisi CO₂ Dari Persampahan Menggunakan Skenario Empat

No	Kecamatan	Emisi Open Burning ton CO ₂ / tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open Burning ke TPA) ton CO ₂ /tahun	Skenario 2 Total Emisi ton CO ₂ / tahun
1	Sidoarjo	10.112	59.333	61.456
2	Buduran	5.320	26.119	27.236
3	Candi	7.788	40.539	42.174
4	Porong	4.863	25.122	26.144
5	Kremlung	4.254	18.803	19.697
6	Tulangan	5.562	24.985	26.153
7	Tanggulangin	6.359	30.028	31.363
8	Jabon	3.624	15.864	16.625
9	Krian	6.298	34.708	36.031
10	Balongsendo	4.520	19.784	20.733
11	Wonoayu	4.977	21.785	22.830
12	Tarik	4.128	18.067	18.934
13	Prambon	4.813	21.176	22.186

No	Kecamatan	Emisi Open Burnning ton CO ₂ / tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open Burning ke TPA) ton CO ₂ /tahun	Skenario 2 Total Emisi ton CO ₂ / tahun
14	Taman	11.590	60.110	62.544
15	Waru	13.029	61.591	64.327
16	Gedangan	5.241	36.343	37.444
17	Sedati	5.478	26.641	27.791
18	Sukodono	6.779	31.271	32.695
Jumlah		114.735	572.268	596.362

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.32 menunjukkan penurunan emisi CO₂ dari pembakaran sampah sebesar 79%. Jika menggunakan skenario 4 dengan meningkatkan jumlah pelayanan sebanyak 80% dari jumlah penduduk yang melakukan open burning maka terjadi peningkatan emisi di TPA sanitary landfill sebesar 88%. Selain itu terjadi peningkatan sebesar 69% dari emisi total di Kabupaten Sidoarjo. Sedangkan hasil perhitungan mengenai peningkatan emisi gas CH₄ dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Peningkatan Emisi CH₄ TPA dengan Skenario 4

No	Kecamatan	Emisi Awal TPA ton CO ₂ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open Burning ke TPA) ton CH ₄ /tahun	Peningkatan Emisi TPA (%)
1	Sidoarjo	603	2.373	88
2	Buduran	113	1.045	
3	Candi	258	1.622	
4	Porong	153	1.005	
5	Krembung	7	752	
6	Tulangan	26	999	
7	Tanggulangin	88	1.201	
8	Jabon	0	635	
9	Krian	286	1.388	
10	Balongsendo	0	791	
11	Wonoayu	0	871	

No	Kecamatan	Emisi Awal TPA ton CO ₂ /tahun	Emisi Total TPA (TPA awal+Open Burning ke TPA) ton CH ₄ /tahun	Peningkatan Emisi TPA (%)
12	Tarik	0	723	
13	Prambon	4	847	
14	Taman	375	2.404	
15	Waru	182	2.464	
16	Gedangan	536	1.454	
17	Sedati	107	1.066	
18	Sukodono	64	1.251	
Jumlah		2.802	22.891	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Hasil perhitungan pada Tabel 4.36 menunjukkan adanya peningkatan emisi CH₄ sebesar 88% dari emisi awal CH₄. Apabila dibandingkan dengan emisi CH₄ yang dihasilkan dari skenario 2 dengan jumlah 9,156 ton CH₄/tahun dan dengan emisi CH₄ dari skenario 3 yang berjumlah 22,891 ton CH₄/tahun, maka terjadi peningkatan emisi CH₄ sebesar 60%.

Berdasarkan perhitungan skenario 1 sampai dengan 4 jumlah peningkatan emisi CH₄ terbesar diperoleh dari skenario 4. Hal tersebut menunjukkan bahwa skenario 4 adalah skenario yang paling cocok diterapkan apabila dilakukan pemanfaatan gas CH₄ seperti yang akan dijelaskan pada aspek lingkungan. Tetapi apabila tidak dilakukan pembangunan TPA sanitary landfill di Kabupaten Sidoarjo maka dapat dilakukan penerapan skenario 2. Hal tersebut dikarenakan gas metan yang dihasilkan dari skenario 2 lebih besar dibandingkan dengan skenario 1 sehingga akan lebih banyak gas yang dapat dimanfaatkan dari penerapan skenario 2. Pemanfaatan gas metan dari skenario 2 sebesar 40% dibandingkan dengan jumlah gas yang dapat dimanfaatkan apabila menerapkan skenario 4.

4.2 Aspek Lingkungan

A. Permukiman

Dari hasil analisa aspek teknis emisi permukiman menggunakan skenario 1 sampai dengan 3 didapatkan penurunan emisi CO₂ sebesar 2,8%, 5,2%, dan 12,58%. Berdasarkan aspek lingkungan dari ketiga skenario tersebut masing-masing sudah dapat menghasilkan penurunan emisi CO₂ dan penurunan emisi terbesar dihasilkan dari skenario 3. Tetapi skenario yang paling memungkinkan untuk dilakukan adalah skenario 1 dan 2. Skenario 1 merupakan konversi penggunaan minyak tanah menjadi bahan bakar LPG yang sudah dilaksanakan sesuai dengan Peraturan Presiden No 104 Tahun 2007 mengenai konversi minyak tanah ke LPG 3 kg. sehingga sebagian besar pengguna minyak tanah sudah beralih ke LPG.

B. Persampahan

Berdasarkan kondisi tahun 2012 serta skenario 1 sampai dengan 4 dengan peningkatan persentase pelayanan pengangkutan sampah ke TPA akan mengakibatkan meningkatnya emisi CH₄. Penerapan sanitary landfill jika tidak dilengkapi dengan pembangkit listrik atau flarin, justru lebih buruk dalam mengemisikan karbon dibandingkan TPA open dumping (J.R. Barton, et al, 2007). Hal tersebut sesuai dengan hasil perhitungan skenario yang menunjukkan adanya peningkatan emisi CH₄ dengan penerapan sanitary landfill. Dengan adanya peningkatan emisi CH₄ maka dapat dilakukan beberapa pemilihan aksi mitigasi untuk mengurangi emisi GRK. Hal tersebut diperlukan mengingat gas CH₄ memiliki nilai GWP (*Global Warming Potential*) 25 kali lebih besar dibandingkan dengan CO₂.

Berikut ini merupakan beberapa pilihan mitigasi GRK yang dapat dilakukan di bidang persampahan berupa pemanfaatan gas dari TPA untuk energi:

A. *Landfill Gas* (LFG) untuk Penggunaan Langsung Sebagai Bahan Bakar

Dengan menggunakan pilihan ini LFG akan dikumpulkan menggunakan sistem pengumpulan vertikal dan horizontal untuk kemudian bisa digunakan berbagai keperluan. Bahan bakar tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar

untuk boiler atau pembakaran dalam industri. Selain itu dapat juga digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga di sekitar TPA. Penggunaan langsung dari LFG akan menjadi pilihan yang hemat biaya jika penggunaan LFG berada dalam radius 5-10 mil dari TPA.

Berdasarkan penelitian yang dilakuakn oleh Susilaningasih, dkk (2007) kebutuhan biogas yang digunakan untuk memasak adalah 1,25 m³/hari atau 0.25 m³/orang.hari. Selanjutnya me lakukan perhitungan jumlah orang yang dapat memanfaatkan gas metan sebagai bahan bakar memasak dengan menggunakan data emisi CH₄ yang dihasilkan dari TPA tahun 2012 dan juga emisi CH₄ dari masing-masing skenario. Hasil perhitungan selengkapnya tersaji pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Potensi Bahan Bakar yang Dihasilkan

Kondisi TPA	Jumlah gas metan (kg/tahun)	Berat Jenis (kg/m ³)	Jumlah gas metan (m ³ /tahun)	jumlah gas metan (m ³ /hari)	Kebutuhan memasak (m ³ /orang.hari)	Jumlah pengguna (orang)
TPA 2012	1.120.859	423	2.649,79	7,26	0,25	29
Skenario 1	5.189.431	423	12.268,16	33,61	0,25	134
Skenario 2	9.156.289	423	21.646,07	59,30	0,25	237
Skenario 3	12.973.578	423	30.670,40	84,03	0,25	336
Skenario 4	22.890.723	423	54.115,18	148,26	0,25	593

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.34 dapat diketahui bahwa dengan merubah sistem TPA open dumping menjadi sanitary landfill dan meningkatkan prosentase pelayanan maka dapat meningkatkan jumlah gas metan yang dihasilkan. Meningkatnya gas metan yang dihasilkan maka meningkat pula jumlah orang yang bisa menggunakannya sebagai bahan bakar. Peningkatan pengguna bahan bakar sebanyak 20 kali lipat dibandingkan dengan TPA open dumping tahun 2012.

B. LFG untuk Pembangkit Listrik

Melalui pilihan ini LFG yang terkumpul digunakan untuk pembangkit listrik. Mesin pembakaran internal (*gas engine*) adalah teknologi konversi yang paling umum digunakan untuk aplikasi LFG. Mesin tersebut mampu menghasilkan 300 kilowatt sampai 3 megawatt (MW). Selain itu bisa menggunakan micro turbin yang mampu menghasilkan 30 kilowatt sampai dengan 250 kilowatt. Tetapi sebagai langkah awal untuk menggunakan LFG untuk pembangkit listrik, sangat penting untuk memperkirakan ketersediaan gas di TPA.

Menurut Renewable Energy Conversion, Transmision, And Storage, Bent Sorensen, 2007) bahwa konversi energy gas metan menjadi energy listrik yang dimiliki oleh 1 kg gas metan setara $6,13 \times 10^7$ J, dan 1 kwh listrik setara dengan $3,6 \times 10^6$, 1 m³ gas metan setara dengan 9,39 kWh. Rumah tangga mendekati miskin penggunaan listriknya 45-60 kwh (LPPM ITS, 2005) dan diasumsikan pengguna listrik disekitar TPA merupakan katagori rumah tangga mendekati miskin berlistrik. Hasil perhitungan energi listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Potensi Listrik yang Dihasilkan

Kondisi TPA	jumlah gas metan (kg/tahun)	jumlah gas metan (m ³ /tahun)	jumlah gas metan (m ³ /bulan)	Konversi Gas Metan (kwh/m ³)	Listrik yang dihasilkan (kwh/bulan)	Kebutuhan listrik (kwh /rumah. bulan)	Jumlah rumah pengguna listrik
Eksisting 2012	1.120.859	2.649,79	220,82	9,39	2.073,46	60	35
Skenario 1	5.189.431	12.268,16	1.022,35	9,39	9.599,83	60	160
Skenario 2	9.156.289	21.646,07	1.803,84	9,39	16.938,05	60	282
Skenario 3	12.973.578	30.670,40	2.555,87	9,39	23.999,59	60	400
Skenario 4	22.890.723	54.115,18	4.509,60	9,39	42.345,13	60	706

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.35 jumlah rumah terbanyak yang dapat memanfaatkan energi listrik dari TPA dihasilkan dari skenario 4 terjadi peningkatan sebanyak 20 kali lipat dibandingkan dengan TPA open

dumping pada tahun 2012. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa skenario 4 menghasilkan lebih banyak gas metan yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik untuk masyarakat disekitar TPA.

4.3 Aspek Ekonomi

A. Permukiman

Analisis ekonomi di permukiman dilakukan dengan memperhitungkan segi ekonomis dari penerapan ketiga skenario yang telah diperhitungkan penurunan emisinya pada aspek teknis. Dalam analisis aspek ekonomis dilakukan perhitungan perubahan jumlah biaya apabila mengkonversi penggunaan minyak tanah dan kayu bakar ke LPG. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rata-rata penggunaan LPG, minyak tanah, dan kayu bakar dari hasil survei. Penggunaan rata-rata bahan bakar tiap rumah tangga berupa LPG sebesar 132,2 kg/tahun, minyak tanah 270,2 kg/tahun, dan kayu bakar 1980 kg/tahun. Harga jual yang digunakan untuk masing-masing bahan bakar yaitu LPG sebesar Rp 6.876 /kg. minyak tanah Rp 10.000/liter dan kayu bakar sebesar Rp. 600/kg. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.36 dibawah ini.

Tabel 4.36 Potensi Ekonomis Tiap Skenario

Skenario	Penggunaan LPG (kg/tahun)	Penggunaan minyak tanah (kg/tahun)	Penggunaan kayu bakar (kg/tahun)	Total Pengeluaran (Rp/tahun)	Prosentase Nilai Ekonomis (%)	Prosentase Penurunan Emisi (%)
Eksisting	63.103.763	3.695.371	15.630.120	479.633.773.140	0%	0%
Skenario 1	64.911.661	0	15.630.120	455.093.994.218	5,12%	2,8%
Skenario 2	65.172.586	0	3.907.530	449.852.080.995	6,21%	5,2%
Skenario 3	65.955.361	0	0	452.882.485.326	5,58%	12,6%

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Apabila dilihat dari segi ekonomis skenario 2 menghasilkan penurunan biaya paling besar bila dibandingkan dengan skenario lainnya yaitu sebesar 6,21%. Tetapi prosentase penurunan tersebut hanya memiliki selisih sebesar 0,63% dengan skenario 3. Sedangkan prosentase penurunan emisi dari skenario 3

lebih besar bila dibandingkan dengan skenario 2 dengan selisih prosentase penurunan emisi sebesar 7,3%. Sehingga baik dari segi ekonomis maupun lingkungan skenario 3 lebih baik dibandingkan 2 skenario lainnya.

B. Persampahan

Analisis ekonomi di bidang persampahan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan CDM (Clean Development Mechanism). Keuntungan dari CDM yaitu dapat mereduksi dampak buruk dari polusi yang disebabkan oleh LFG Berdasarkan protokol Kyoto menyatakan bahwa PBB melakukan mekanisme peraturan dimana negara-negara maju mampu memanfaatkan jumlah pengurangan emisi CO₂ yang dihasilkan sebagai akibat dari perkembangan proyek bersama, negara maju dan berkembang yang mampu mengurangi emisi yang dihasilkan. Kredit Certified Emission Reduction (CERR) yang dikeluarkan tergantung pada jumlah pengurangan gas rumah kaca.

Menurut “Clean development mechanism in China”, mekanisme protocol Kyoto tersebut, harga normal CER's pada EmissionReduction Purchase Agreement (ERPA) adalah sebesar \$10-13,5/ton CO₂. Nilai tersebut berarti satu kredit CER yang berbentuk perjanjian kerja sama dengan setiap ton polusi yang dihasilkan dari suatu kegiatan. Hasil perhitungan potensi keuntungan yang didapatkan dari pemanfaatan CH₄ dari sektor persampahan dapat dilihat pada Tabel 4.37. Perhitungan yang dilakukan menggunakan perhitungan seperti di CDM (Clean Development Mechanism).

Tabel 4.37 Potensi Keuntungan dari Pemanfaatan CH₄

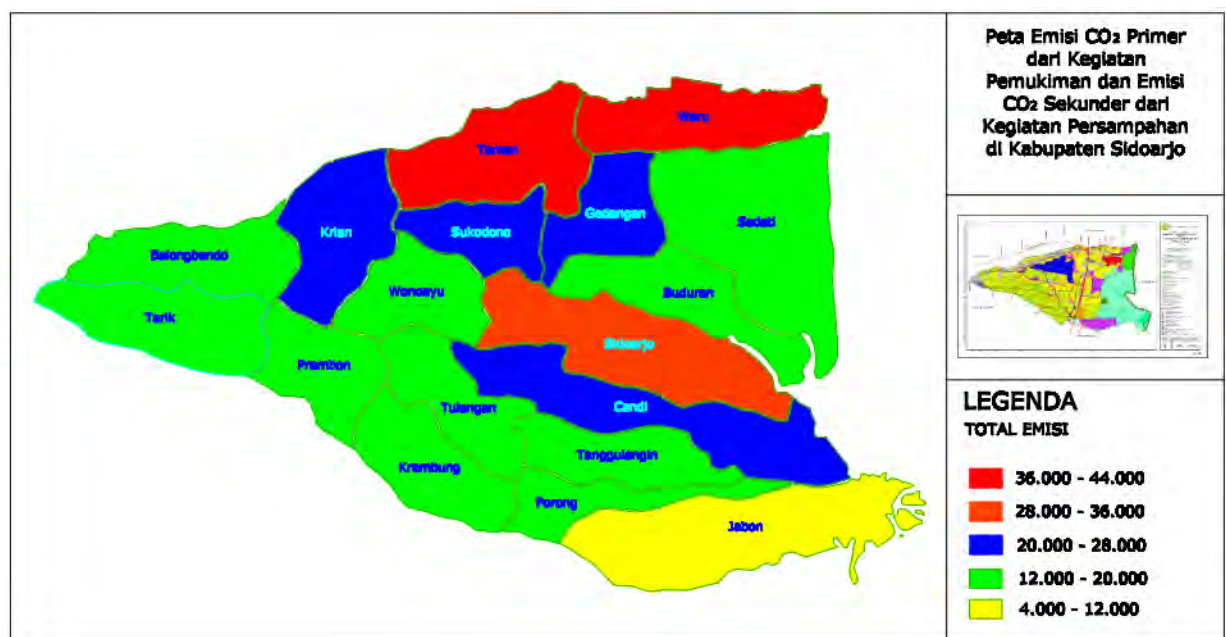
kondisi TPA	Reduksi CO2 (ton/tahun)	Keuntungan Pengurangan Emisi (CER dalam Rp)
Tahun 2012	28.021	3.446.221.366
Skenario 1	129.736	15.955.555.105
Skenario 2	228.907	28.152.155.499
Skenario 3	324.339	39.888.887.761
Skenario 4	572.268	70.380.388.748

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Dari Tabel 4.37 dapat diketahui bahwa potensi keuntungan yang didapatkan dari ERPA dengan penangkapan CH₄ dengan harga \$10 per ton. Pengurangan dengan skenario 4 menghasilkan potensi penangkapan CH₄ terbesar yang dikonversi sebagai CO₂ yaitu sebesar 572.268 ton dengan pendapatan sebesar Rp. 70.380.388.748.

4.4 Pemetaan Emisi CO₂ di Kabupaten Sidoarjo

Berdasarkan hasil perhitungan emisi CO₂ dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Sidoarjo maka hasil emisi tersebut dapat dipetakan untuk mengetahui dan mengelompokkan Kecamatan berdasarkan jumlah emisi yang dihasilkan. Hasil pemetaan emisi CO₂ primer yang dihasilkan dari kegiatan permukiman dan emisi CO₂ sekunder dari kegiatan persampahan di tiap Kecamatan dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Peta Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Emisi CO₂ Sekunder dari Kegiatan Persampahan

Satuan emisi yang tertera pada Gambar 4.4 berupa ton CO₂/tahun yang dikelompokkan menjadi 5 kategori. Kecamatan dengan warna kuning adalah kecamatan yang tergolong memiliki emisi sangat rendah dengan rentang emisi 4.000-12.000 ton CO₂/tahun. Kecamatan dengan warna hijau merupakan kecamatan yang menghasilkan emisi rendah dengan rentan 12.000-20.000 ton CO₂/tahun. Untuk Kecamatan dengan warna biru tergolong sebagai Kecamatan yang menghasilkan emisi sedang dengan rentang emisi 20.000-28.000 CO₂/tahun. Berikutnya Kecamatan dengan warna oranye merupakan kecamatan dengan sedang dengan rentang emisi 28.000-36.000 CO₂/tahun. Sedangkan kecamatan dengan rentang emisi 28.000-36.000 CO₂/tahun emisi tertinggi yang ditandai dengan warna merah.

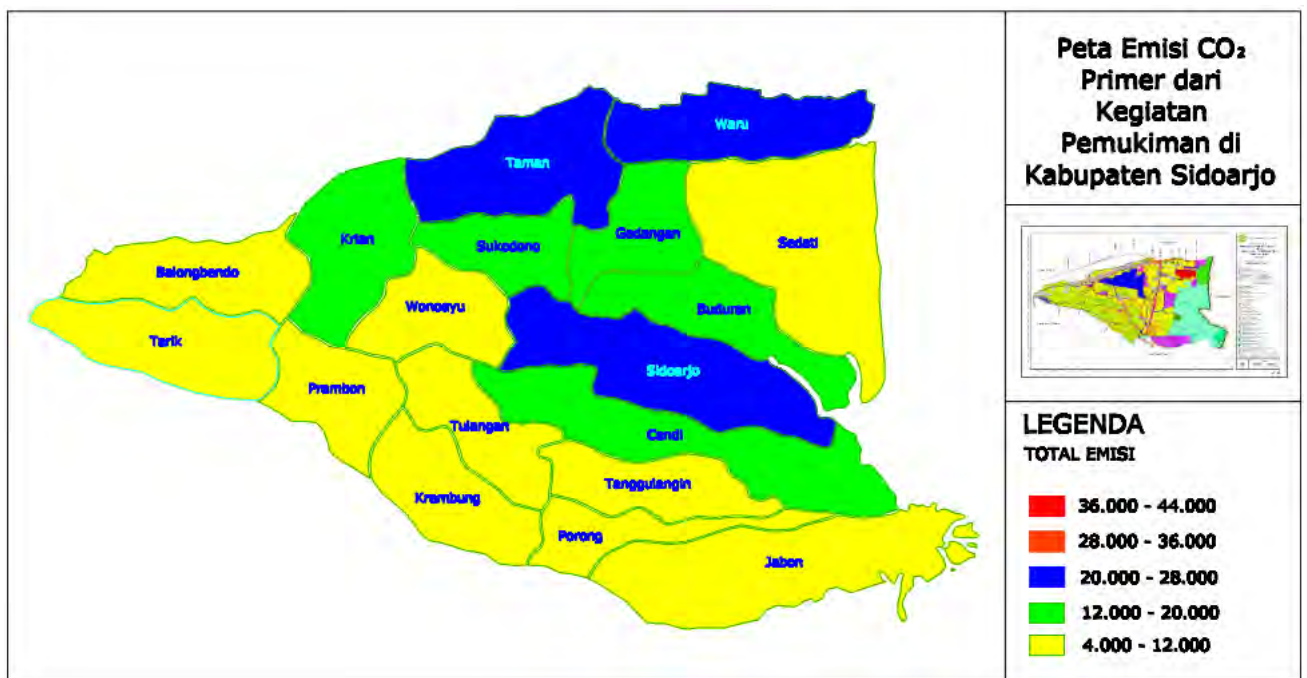
Berdasarkan penggolongan tersebut terdapat 1 kecamatan dengan emisi sangat rendah, 10 kecamatan yang tergolong dalam kategori emisi rendah, 4 kecamatan emisi sedang, 1 kecamatan dengan emisi tinggi, dan 2 kecamatan dengan emisi sangat tinggi. Kecamatan Taman dan Waru tergolong sebagai kecamatan dengan emisi CO₂ sangat tinggi dikarenakan berdasarkan sumber sampah, jumlah timbulan sampah terbesar dihasilkan dari 2 kecamatan tersebut sehingga menghasilkan emisi tertinggi dari kegiatan persampahan. Selain itu 2 kecamatan tersebut juga merupakan 2 kecamatan yang menghasilkan emisi CO₂ terbesar dalam penggunaan bahan bakar. Sedangkan Kecamatan Jabon menghasilkan emisi CO₂ terendah dikarenakan jumlah penduduknya terkecil sehingga timbulan sampah yang dihasilkan sedikit bila dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Begitu juga dengan emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar, Kecamatan Jabon merupakan kecamatan yang menghasilkan emisi terendah. Sedangkan pemetaan emisi CO₂ primer dari tiap kecamatan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Peta Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Persampahan

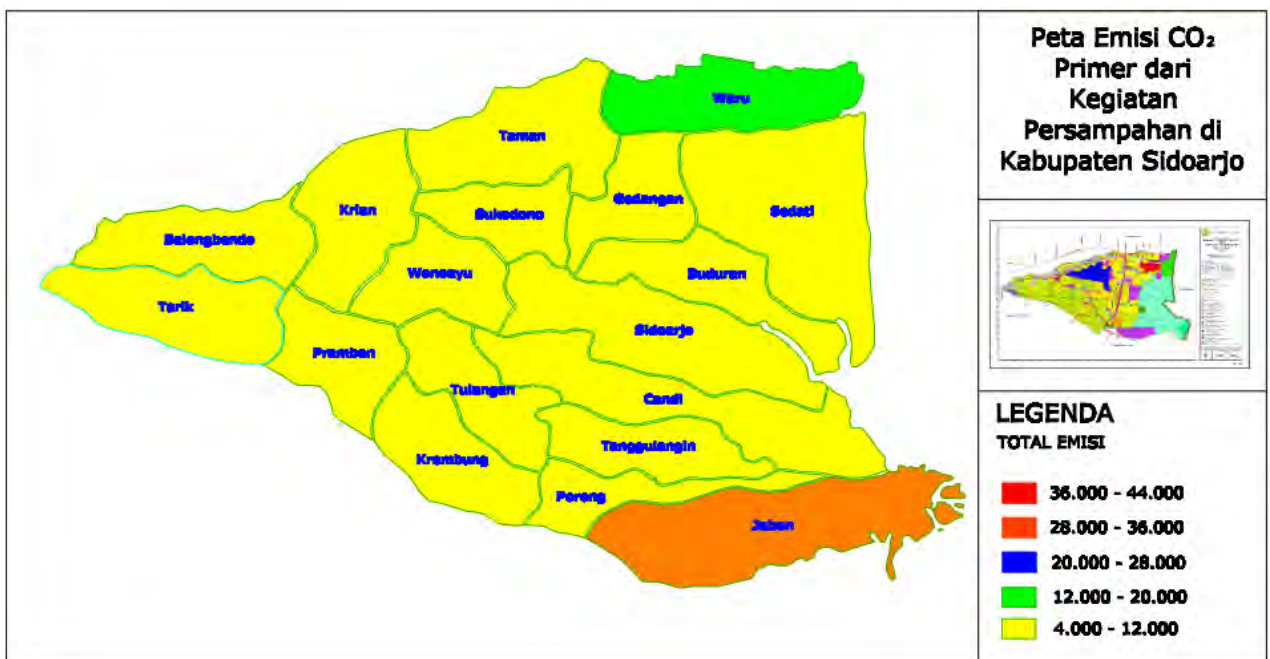
Pada Gambar 4.5 merupakan pemetaan dari emisi primer di tiap kecamatan, yang dimaksudkan emisi primer persampahan adalah emisi yang dihasilkan disumbernya yaitu emisi di TPA dan emisi dari pembakaran sampah. Dari pemetaan tersebut dapat diketahui bahwa kecamatan Jabon dan Kecamatan Waru merupakan menyumbang emisi CO₂ tertinggi. Pemetaan kecamatan Jabon pada Gambar 4.4 berbeda dengan hasil pemetaan pada Gambar 4.5, dikarenakan lokasi TPA berada di kecamatan Jabon sehingga menjadikan Kecamatan Jabon tergolong sebagai kecamatan dengan emisi sangat tinggi. Pada Gambar 4.6 disajikan pemetaan emisi CO₂ dari kegiatan permukiman.

Berdasarkan pemetaan menggunakan emisi CO₂ primer dari kegiatan permukiman yang ditampilkan pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa Kecamatan Waru, Taman, dan Sidoarjo tergolong kecamatan dengan emisi sedang. Ketiga kecamatan tersebut menghasilkan emisi tertinggi dari penggunaan bahan bakar permukiman dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Hal tersebut dikarenakan ketiga kecamatan tersebut merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terbesar. Jumlah penduduk besar akan mengakibatkan penggunaan bahan bakar untuk memasak juga menjadi tinggi, sebanding dengan emisi yang dihasilkan



Gambar 4.6 Peta Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman di Kabupaten Sidoarjo

Selanjutnya mengenai pemetaan emisi CO₂ primer dari kegiatan persampahan di Kabupaten Sidoarjo disajikan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Peta Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman di Kabupaten Sidoarjo

Berdasarkan hasil pemetaan pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa Kecamatan Jabon menyumbangkan emisi CO₂ tertinggi dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Hal tersebut dikarenakan lokasi TPA berada di Kabupaten Jabon, sehingga menyebabkan emisi CO₂ terbesar dari kegiatan persampahan di hasilkan dari Kecamatan Jabon.

Untuk mengetahui besarnya emisi di tiap Kecamatan maka perlu dilakukan perhitungan emisi berdasarkan kepadatan di tiap kecamatan. Dari hasil perhitungan didapatkan besarnya emisi ton CO₂ per 1 Ha di tiap kecamatan. Sehingga bisa dibandingkan emisi yang dihasilkan setiap 1 Ha di masing-masing kecamatan. Kecamatan yang memiliki emisi terbesar tiap 1 Ha merupakan kecamatan yang tingkat emisinya paling besar disbanding kecamatan lain. Perhitungan emisi berdasarkan kepadatan tiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.38 – Tabel 4.40.

Pada Tabel 4.38 menunjukkan emisi primer CO₂ dari penggunaan bahan bakar permukiman berdasarkan kepadatan total tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.38 Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman Berdasarkan Kepadatan Total di Kabupaten Sidoarjo

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Luas Total (Ha)	Kepadatan Rumah/Ha	FES ton CO ₂ /rumah tangga	Emisi Pemukiman (ton CO ₂ /ha.tahun)
1	Sidoarjo	50.524	6.256	8	0,41650	3,4
2	Buduran	25.538	4.103	6	0,70575	4,4
3	Candi	37.575	4.067	9	0,70575	6,5
4	Porong	15.943	2.982	5	0,70575	3,8
5	Krembung	14.746	3.121	5	0,70575	3,3
6	Tulangan	22.566	2.955	8	0,70575	5,4
7	Tanggulangin	20.617	3.229	6	0,70575	4,5
8	Jabon	12.526	8.100	2	0,70575	1,1
9	Krian	30.455	3.250	9	0,70575	6,6
10	Balongsendo	17.095	3.140	5	0,70575	3,8
11	Wonoayu	18.127	3.392	5	0,70575	3,8
12	Tarik	16.280	3.606	5	0,70575	3,2
13	Prambon	18.190	3.423	5	0,70575	3,8

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Luas Total (Ha)	Kepadatan Rumah/Ha	FES ton CO ₂ /rumah tangga	Emisi Permukiman (ton CO ₂ /ha.tahun)
14	Taman	56.968	3.154	18	0,41650	7,5
15	Waru	65.512	3.032	22	0,70575	15,2
16	Gedangan	39.235	2.406	16	0,41650	6,8
17	Sedati	24.855	7.943	3	0,70575	2,2
18	Sukodono	28.705	3.268	9	0,70575	6,2
Jumlah		515.457	71.424	147	0,70575	91,5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan kepadatan total tiap Kecamatan seperti pada Tabel 4.38 menunjukkan bahwa Kecamatan Waru sebagai penyumbang emisi terbesar yaitu 15,2 ton CO₂/ha.tahun. Selanjutnya kecamatan ke dua dan ke tiga sebagai penyumbang emisi terbesar adalah Kecamatan Taman dan Kecamatan Gedangan. Sedangkan penyumbang emisi CO₂ terkecil yaitu Kecamatan Jabon dengan emisi sebesar 1,1 ton CO₂/ha.tahun. Pemetaan emisi CO₂ berdasarkan kepadatan dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Peta Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman Berdasarkan Kepadatan Total Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

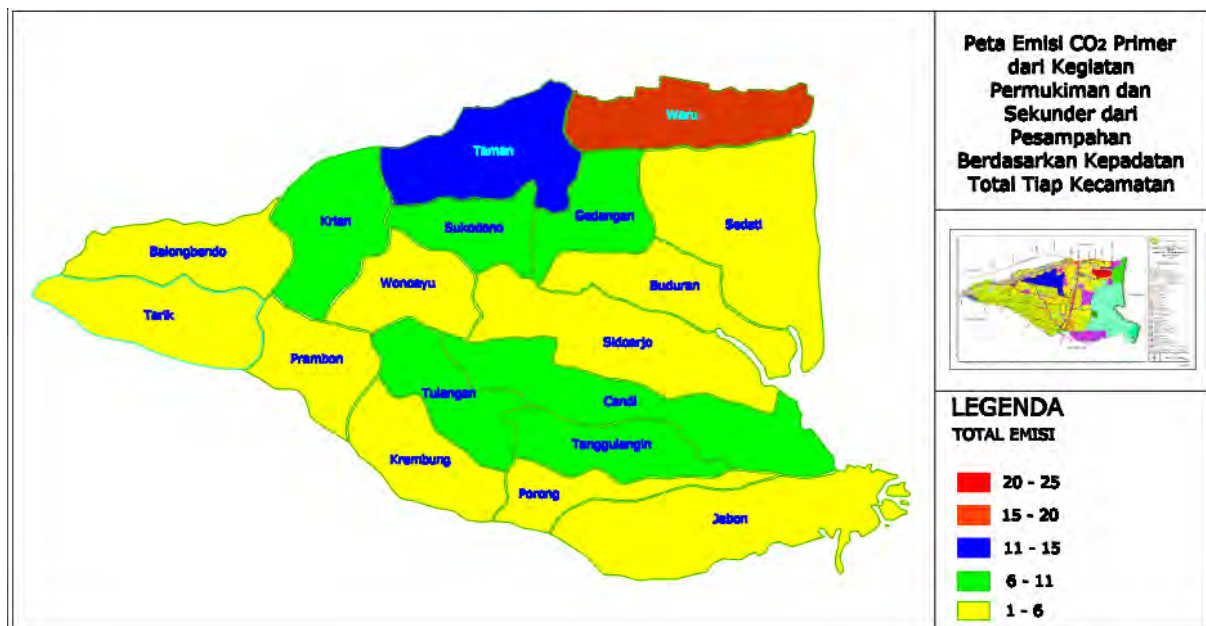
Pada Tabel 4.39 menunjukkan emisi primer CO₂ dari penggunaan bahan bakar permukiman dan emisi CO₂ sekunder persampahan berdasarkan kepadatan total tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

Tabel 4.39 Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Sekunder Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total di Kabupaten Sidoarjo

No	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Penduduk	Luas Total (Ha)	Kepadatan jiwa/ Ha	FES ton CO ₂ / jiwa. tahun	Emisi Persampahan (ton CO ₂ /ha)	Emisi Permukiman (ton CO ₂ /ha)	Total Emisi (ton CO ₂ / ha.tahun)
1	Sidoarjo	206.910	6.256	33	0,07006	2	3,4	5,7
2	Buduran	94.137	4.103	23	0,07006	2	4,4	6,0
3	Candi	144.465	4.067	36	0,07006	2	6,5	9,0
4	Porong	89.654	2.982	30	0,07006	2	3,8	5,9
5	Krembung	69.268	3.121	22	0,07006	2	3,3	4,9
6	Tulangan	91.721	2.955	31	0,07006	2	5,4	7,6
7	Tanggulangin	106.313	3.229	33	0,07006	2	4,5	6,8
8	Jabon	58.562	8.100	7	0,07006	1	1,1	1,6
9	Krian	122.386	3.250	38	0,07006	3	6,6	9,3
10	Balongbendo	73.033	3.140	23	0,07006	2	3,8	5,5
11	Wonoayu	80.420	3.392	24	0,07006	2	3,8	5,4
12	Tarik	66.694	3.606	18	0,07006	1	3,2	4,5
13	Prambon	78.085	3.423	23	0,07006	2	3,8	5,3
14	Taman	214.356	3.154	68	0,07006	5	7,5	12,3
15	Waru	223.697	3.032	74	0,07006	5	15,2	20,4
16	Gedangan	123.492	2.406	51	0,07006	4	6,8	10,4
17	Sedati	96.204	7.943	12	0,07006	1	2,2	3,1
18	Sukodono	114.070	3.268	35	0,07006	2	6,2	8,6
		2.053.467	71.42	581	0,07006	41	91,5	132,2

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan kepadatan total tiap Kecamatan seperti pada Tabel 4.39 menunjukkan bahwa Kecamatan Waru sebagai penyumbang emisi terbesar yaitu 17.5 ton CO₂/ha.tahun. Selanjutnya kecamatan ke dua dan ke tiga sebagai penyumbang emisi terbesar adalah Kecamatan Taman dan Kecamatan Gedangan. Sedangkan penyumbang emisi CO₂ terkecil yaitu Kecamatan Jabon dengan emisi sebesar 1,6 ton CO₂/ha.tahun. Pemetaan emisi CO₂ berdasarkan kepadatan dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Peta Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Sekunder dari Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

Pada Tabel 4.40 menunjukkan emisi primer CO₂ dari penggunaan bahan bakar permukiman dan persampahan berdasarkan kepadatan total tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo.

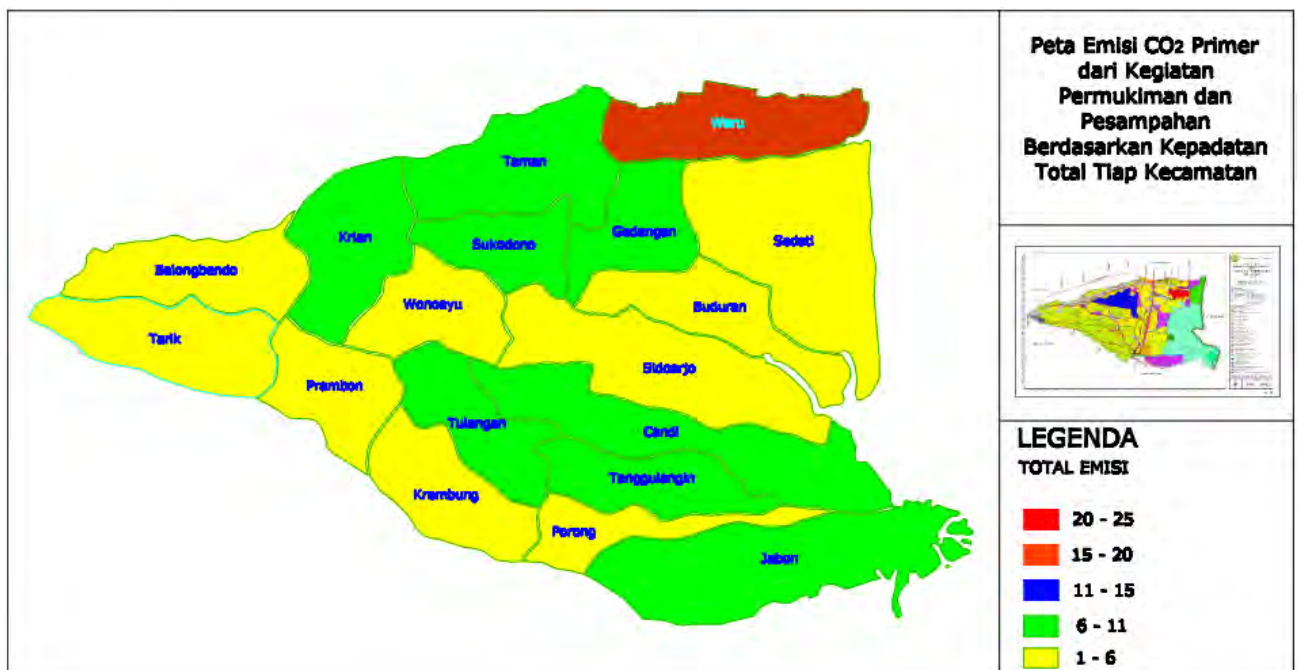
Tabel 4.40 Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total di Kabupaten Sidoarjo

No	Nama Kecamatan	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk TPA	Jumlah Penduduk Open Burning	Luas Total (Ha)	FES ton CO ₂ /jiwa. tahun	FES ton CO ₂ /jiwa. tahun (Open Burning)	Total Emisi Persampahan (ton CO ₂ /ha)
1	Sidoarjo	206.910	43.508	161.769	6.256	0.138542916	0,062511	5,0
2	Buduran	94.137	8.178	85.1.03	4.103	0.138542916	0,062511	5,7
3	Candi	144.465	18.625	124.582	4.067	0.138542916	0,062511	8,4
4	Porong	89.654	11.077	77.793	2.982	0.138542916	0,062511	5,4
5	Krembung	69.268	526	68.054	3.121	0.138542916	0,062511	4,7
6	Tulangan	91.721	1.846	88.975	2.955	0.138542916	0,062511	7,3
7	Tanggulangun	106.313	6.332	101.726	3.229	0.138542916	0,062511	6,5
8	Jabon	58.562	0	57.977	8.100	0.138542916	0,062511	9,5
9	Krian	122.386	20.615	100.752	3.250	0.138542916	0,062511	8,6
10	Balongbendo	73.033	0	72.304	3.140	0.138542916	0,062511	5,3
11	Wonoayu	80.420	0	79.617	3.392	0.138542916	0,062511	5,2
12	Tarik	66.694	0	66.028	3.606	0.138542916	0,062511	4,3

No	Nama Kecamatan	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk TPA	Jumlah Penduduk Open Burning	Luas Total (Ha)	FES ton CO ₂ /jiwa. tahun	FES ton CO ₂ /jiwa. tahun (Open Burning)	Total Emisi Persampahan (ton CO ₂ /ha)
13	Prambon	78.085	308	77.001	3.423	0.138542916	0,062511	5,2
14	Taman	214.356	27.077	185.407	3.154	0.138542916	0,062511	11,2
15	Waru	223.697	13.169	208.424	3.032	0.138542916	0,062511	19,5
16	Gedangan	123.492	38.689	83.848	2.406	0.138542916	0,062511	9,0
17	Sedati	96.204	7.692	87.626	7.943	0.138542916	0,062511	2,9
18	Sukodono	114.070	4.615	108.443	3.268	0.138542916	0,062511	8,3
Jumlah		2.053.467	202.258	1.835.430	71.424	0.1385	0,0625	132,0

Sumber : Hasil Perhitungan, 2014

Perhitungan emisi CO₂ berdasarkan kepadatan total tiap Kecamatan seperti pada Tabel 4.43 menunjukkan bahwa Kecamatan Waru sebagai penyumbang emisi terbesar yaitu 19,5 ton CO₂/ha. Selanjutnya kecamatan ke dua dan ke tiga sebagai penyumbang emisi terbesar adalah Kecamatan Taman dan Kecamatan Jabon. Sedangkan penyumbang emisi CO₂ terkecil yaitu Kecamatan Sedati dengan emisi sebesar 2,9 ton CO₂/ha. Pemetaan emisi CO₂ berdasarkan kepadatan dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Peta Emisi CO₂ Primer dari Kegiatan Permukiman dan Persampahan Berdasarkan Kepadatan Total Tiap Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diberikan beberapa kesimpulan, yakni :

1. FES dari penggunaan bahan bakar berdasarkan status wilayah pedesaan adalah 0,995 ton CO₂/rumah tangga.tahun dan perkotaan 0,417 ton CO₂/rumah tangga.tahun. FES dari LPG di pedesaan adalah 0,359 ton CO₂/rumah tangga.tahun, LPG di perkotaan 0,4165 ton CO₂/rumah tangga.tahun. FES minyak tanah dan kayu bakar masing-masing sebesar 0,851 ton CO₂/rumah tangga.tahun dan 3,326 ton CO₂/rumah tangga.tahun.
2. FES dari persampahan berdasarkan jumlah timbulan untuk TPA dan open burning adalah 0,1168 ton CO₂/m³.tahun dan 0,0527 ton CO₂/m³.tahun. FES yang dihasilkan dari persampahan dari total timbulan sampah dan jumlah penduduk adalah 0,0591 ton CO₂/m³.tahun dan 0,07 ton CO₂/jiwa.tahun.
3. Dari hasil pemetaan emisi CO₂ primer dari kegiatan pemukiman dan emisi CO₂ sekunder dari persampahan didapatkan bahwa kecamatan Taman dan Waru tergolong sebagai kecamatan dengan emisi sangat tinggi. Sedangkan Kecamatan Jabon tergolong sebagai kecamatan dengan emisi sangat rendah. Pemetaan emisi CO₂ primer pemukiman dan persampahan menunjukkan Kecamatan Waru dan Jabon tergolong sebagai kecamatan dengan emisi CO₂ sangat tinggi. Dari hasil pemetaan emisi CO₂ primer dari kegiatan pemukiman dan emisi CO₂ sekunder dari persampahan berdasarkan kepadatan tingkat emisi tertinggi dihasilkan dari Kecamatan Waru dan terkecil dari Kecamatan Jabon. Sedangkan emisi CO₂ primer dari kegiatan pemukiman dan persampahan berdasarkan kepadatan tertinggi dihasilkan dari Kecamatan Waru dan emisi terendah di Kecamatan Sedati

5.2 SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan untuk menghitung emisi dengan menggunakan jenis rumah yaitu sederhana, menengah, dan mewah untuk mendapatkan faktor emisi spesifik berdasarkan jenis rumah.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jumlah timbulan sampah yang dihasilkan tiap rumah sehingga diperoleh faktor emisi spesifik.

LAMPIRAN A (EMISI CO2 DARI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR)

✓ Status Wilayah Perkotaan

No	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/bulan)			LPG			
	LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)	Emisi (gr CO2/tahun)	Total Emisi (ton CO2/tahun)
1	24	—	—	63,1	47,3	859.573,44	0,86
2	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
3	8,5	—	—	63,1	47,3	304.432,26	0,30
4	3	—	—	63,1	47,3	107.446,68	0,11
5	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
6	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
7	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
8	10	—	—	63,1	47,3	358.155,60	0,36
9	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
10	18	—	—	63,1	47,3	644.680,08	0,64
11	32,4	—	—	63,1	47,3	1.160.424,14	1,16
12	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
13	12,86	—	—	63,1	47,3	460.588,10	0,46
14	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
15	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
16	15	—	—	63,1	47,3	537.233,40	0,54
17	22,5	—	—	63,1	47,3	805.850,10	0,81
18	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
19	24	—	—	63,1	47,3	859.573,44	0,86
20	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
21	8,5	—	—	63,1	47,3	304.432,26	0,30
22	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43

LAMPIRAN A (EMISI CO2 DARI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR) *Lanjutan*

✓ Status Wilayah Perkotaan

No	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/bulan)			LPG			
	LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)	Emisi (gr CO2/tahun)	Total Emisi (ton CO2/tahun)
23	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
24	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
25	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
26	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
27	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
28	3	—	—	63,1	47,3	107.446,68	0,11
29	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
30	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
31	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
32	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
33	16	—	—	63,1	47,3	573.048,96	0,57
34	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
35	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
36	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
37	2	—	—	63,1	47,3	71.631,12	0,07
38	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
39	8	—	—	63,1	47,3	286.524,48	0,29
40	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
41	10	—	—	63,1	47,3	358.155,60	0,36
42	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
43	18	—	—	63,1	47,3	644.680,08	0,64
44	32,4	—	—	63,1	47,3	1.160.424,14	1,16

LAMPIRAN A (EMISI CO2 DARI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR) *Lanjutan*

✓ Status Wilayah Perkotaan

No	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/bulan)			LPG			
	LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)	Emisi (gr CO2/tahun)	Total Emisi (ton CO2/tahun)
45	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
46	12,86	—	—	63,1	47,3	460.588,10	0,46
47	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
48	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
49	15	—	—	63,1	47,3	537.233,40	0,54
50	22,5	—	—	63,1	47,3	805.850,10	0,81
51	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
52	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
53	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
54	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
55	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
56	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
57	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43
58	24	—	—	63,1	47,3	859.573,44	0,86
59	0,5	—	—	63,1	47,3	17.907,78	0,02
60	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
61	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32
62	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21
Jumlah						25.823.735,07	25,82

LAMPIRAN A (EMISI CO2 DARI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR)

✓ Status Wilayah Pedesaan

No	Konsumsi Bahan Bakar (Kg/bulan)			LPG				Minyak Tanah				Kayu Bakar			
	LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)	Emisi (gr CO ₂ /tahun)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)	Emisi (gr CO ₂ /tahun)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Faktor Emisi (gr/MJ)	NCV (MJ/Kg)	Emisi (gr CO ₂ /tahun)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
1	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—
2	2	—	—	63,1	47,3	71.631,12	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—
3	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—
4	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—
5	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—
6	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—
7	15	—	—	63,1	47,3	537.233,40	0,54	—	—	—	—	—	—	—	—
8	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—
9	6	—	—	63,1	47,3	214.893,36	0,21	—	—	—	—	—	—	—	—
10	9	—	—	63,1	47,3	322.340,04	0,32	—	—	—	—	—	—	—	—
11	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—
12	12	—	—	63,1	47,3	429.786,72	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—
13	24	—	—	63,1	47,3	859.573,44	0,86	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0,5	—	—	63,1	47,3	17.907,78	0,02	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	24,9	—	—	—	—	—	71,9	43,8	6.048.000	6,05	—	—	—	—
16	—	17,762	—	—	—	—	—	71,9	43,8	1.209.600	1,21	—	—	—	—
17	—	24,9	—	—	—	—	—	71,9	43,8	3.024.000	3,02	—	—	—	—
18	—	—	300	—	—	—	—	—	—	—	—	112	15	6.048.000	6,05
19	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—	112	15	1.209.600	1,21
20	—	—	150	—	—	—	—	—	—	—	—	112	15	3.024.000	3,02
21	—	—	150	—	—	—	—	—	—	—	—	112	15	3.024.000	3,02

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Anonim. “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 104 Tahun 2008 Tentang Penyediaan, Pendistribusian dan Penetapan Harga LPG Tabung 3Kg”.
- Anonim. “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca”.
- Anonim. “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca”.
- Astari, R.H. 2012. “Studi Jejak Karbon dari Aktivitas Permukiman di Kecamatan Pademangan Kotamadya Jakarta Utara”. Skripsi. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan.
- Badan Perencanaan Pembangunan Kabupaten Sidoarjo. 2009. “Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo 2009-2029”. Bappekab Sidoarjo. Sidoarjo.
- Badan Lingkungan Hidup Propinsi Jawa Timur. 2010. “Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur 2010”. Surabaya: BLH.
- Badan Pusat Statistik. 2010. “Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik Nomor 37 Tahun 2010 tentang Klasifikasi Perkotaan dan Perdesaan di Indonesia”. Badan Pusat Statistik: Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2010. Hasil Data Sensus Penduduk tahun 2010.
- Boedisantoso, R. 2014. “Pengembangan Metode Perhitungan Emisi CO₂ –e dari Limbah Tinja dan Penggunaan Bahan Bakar LPG Aktivitas Rumah Tangga (Studi Kasus: kota Surabaya)”. Disertasi. Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember.
- Bo, Z., dan G.Q. Chen. 2014. “Methane Emissions in China 2007”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Page 886-902.
- BPS Kabupaten Sidoarjo. 2009. “Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2009”. Sidoarjo : BPS Jawa Timur

- BPS Kabupaten Sidoarjo. 2011. "Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2011".
Sidoarjo : BPS Jawa Timur
- BPS Kabupaten Sidoarjo. 2012. "Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2012".
Sidoarjo : BPS Jawa Timur
- BPS Kabupaten Sidoarjo. 2013. "Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2013".
Sidoarjo : BPS Jawa Timur
- Chen, Z.M. and Chen, G.Q. 2012. "Embodied Carbon Dioxide Emission at Supra-National Scale: a Coalition Analysis for G7, BRIC, and the Rest of the World". *Energy Policy*, 39:2899-2909.
- Damanhuri, Erni dan Tri Padmi. 2010. "Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah",
Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Dinas Kebersihan dan pertamanan Kabupaten Sidoarjo. 2010. "Rencana Peningkatan Pengelolaan Sampah". Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo. Kabupaten Sidoarjo.
- EPA. 2010. *Landfill Gas Energy Project Development Handbook*. Landfill Methane Outreach. Program (LMOP). Climate Change Division. U.S EPA. January 2010. <http://epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>
- Geng, Y. Tian, M. Zhu, Q. Zhang, J. Peng, C. 2011a. "Qualification of Provincial-Level Carbon Emission from Energy Comsumtion in China". *Renewable and Suistanable Energy Reviewers*. 15: 3658-3668.
- Golley, J. and Meng, X.2012. "Income Inequality and Carbon Dioxide Emission : The Case of Chinese Urban Housholds", *Energy Economic*, 34: 1864-1872.
- Hilman, M., 2006. "Peluang CDM dalam Pengelolaan Sampah".
Workshop Nasional". UMM: Malang
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. "*Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*". Institute for global environmental strategies (IGS), Hayama, Japan.
- Inventaris Data Perumahan dan Permukiman Kecamatan Tahun 2009, "Data Monografi Kecamatan 2009". dalam: Buku Putih Pembangunan Sanitasi dan Strategi Sanitasi Kabupaten/Kota (SSK) 20011.

- ICSSR. 2010. "Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap Sektor Limbah". Bappenas. Jakarta.
- J.R. Barton, I. Issaias, E.I. Stentiford. 2007. "*Carbon – Making the right choice for waste management, in developing countries*". School of Civil Engineering. University of Leeds. Leeds LS2 9JT. UK
- Jamilatun, S. 2011. "Kualitas Sifat-sifat Penyalaan dari Pembakaran Briket Tempurung Kelapa, Briket Serbuk Gergaji Kayu Jati, Briket Sekam Padi dan Briket Batubara". Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" ISSN 1693 – 4393. Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan :Yogyakarta.
- Joeri. J dan Maskan. W. 2006. Landfill Management. Malang: UMM
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup. 2009. "Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Angka". Jakarta. Indonesia.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012a. "Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional": Buku 1 Pedoman Umum. Jakarta Indonesia.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2012b. "Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional". Buku II Volume 4 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca. Pengelolaan Limbah. Jakarta. Indonesia.
- Kirby, Alex. 2008. "Kick The Habit": A Climate Neutral Book. United Nations Environment Programme Publication. Malta
- Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat-ITS (LPPM-ITS)," Seminar Kajian Tarif Listrik Nasional" , Surabaya, Tahun 2005
- Onu, F. Sudarja. dan Rahman, M.B.N. 2010, Pengukuran Nilai Kalor Bahan Bakar Briket Arang Kombinasi Cangkang Pala (*Myristica Fragran Houtt*) dan Limbah Sawit (*Elaeis Guenensis*). Seminar Nasional Teknik Mesin UMY 2010, Yogyakarta
- Penyusunan Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RI – SPAM) Kabupaten Sidoarjo. 2007. "Badan Perencanaan Pembangunan Kabupaten Sidoarjo". Sidoarjo. Jawa Timur.

- Pratiwi, S.T. 2012. “Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman dalam Menyerap Emisi CO₂ dan Memenuhi Kebutuhan O₂ di Surabaya Utara (Studi Kasus : Kecamatan Kenjeran)”. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Purwanta, W. 2009. “Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Sampah Perkotaan di Indonesia”. J. Teknik Lingkungan, 10: 8.
- Republik Indonesia. 2008. “Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Sekretariat Negara”. Jakarta
- Republik Indonesia. 2011. “Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan. Sekretariat Negara”. Jakarta.
- Sorensen, Bent., Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage, Juni, 2007
- Susilaningsih, I., Pristiawati, E., Viddy, O. 2007. Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Sebagai Pengganti Bahan Bakar Rumah Tangga Yang Lebih Memberikan Keuntungan Ekonomis. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wiedmann, T. dan Minx, J. 2008. “A Definition of 'Carbon Footprint'”. In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA
- Wulandari, M.T, Hermawan, Purwanto. 2013. “Kajian Emisi Co₂ Berdasarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga Sebagai Penyebab Pemanasan Global (Studi Kasus Perumahan Sebantengan, Gedang Asri, Susukan RW07 Kab. Semarang)”. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013.
- Yoshinori, F., Hiroshi, M., and C. S. Ho. 2009. Assessment of CO₂ emissions and resource sustainability for housing construction in Malaysia, International Journal of Low-Carbon Technologies 2009, 4, 16–26

BIODATA DIRI



Penulis dilahirkan di Surabaya, 3 Maret 1991. Penulis adalah anak ketiga dari pasangan Sumiran dan Wahyuti. Penulis mempunyai kakak yang bernama Nanang Bagus Setyawan dan Iva Widyanti. Penulis memulai pendidikan formalnya dari TK ABA XX Surabaya, SD Muhammadiyah 25 Surabaya, SMP Muhammadiyah 5 Surabaya, SMAN 4 Surabaya, dan akhirnya diterima sebagai mahasiswa S1 Teknik Lingkungan-FTSP-ITS pada tahun 2009 dengan NRP 3309100035 melalui jalur SNMPTN. Pada tahun 2013 penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengolahan Limbah Cair Industri Pewarnaan Jeans Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran *Cross Flow* untuk Menurunkan Warna dan Kekeruhan”. Selama menjadi mahasiswa penulis tidak hanya aktif di bidang akademik tetapi juga aktif di bidang non akademik. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar, dan kepanitiaan yang diadakan oleh Jurusan maupun Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL). Selain itu penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Indonesia Power. Setelah menempuh pendidikan sarjana penulis melanjutkan pendidikan Program Magister di Jurusan Teknik Lingkungan ITS tahun 2013 yang terdaftar dengan NRP 3313201020.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”